

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-166014

(43)Date of publication of application : 25.06.1996

(51)Int.Cl.

F16C 19/22

F16C 33/46

(21)Application number : 07-175464

(71)Applicant : NIPPON SEIKO KK

(22)Date of filing : 19.06.1995

(72)Inventor : IKEZAWA KATSUHIRO

IWASA HIROSHI

NOMURA YASUHIRO

KAWAMURA TOSHIRO

NARAI HIROSHI

NAGATO TAKASHI

KONNO MASARU

ABE TSUTOMU

HAMAMOTO MAGOZO

UEKI FUMIO

TAKAGI TOSHIMI

(30)Priority

Priority number : 06217817

Priority date : 19.08.1994

Priority country : JP

06275657

14.10.1994

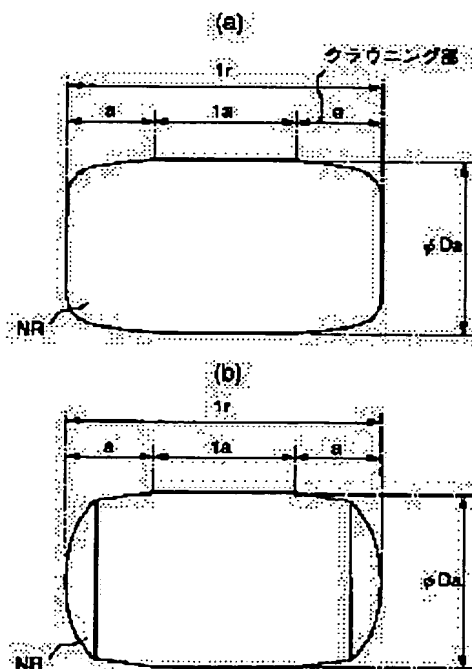
JP

(54) THRUST NEEDLE LIKE ROLLER BEARING, ROLLING BEARING, AND CAGE OF THRUST NEEDLE LIKE ROLLER BEARING

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a thrust needle like roller bearing which reduces dynamic torque greatly and can prevent coming off of a roller while maintaining stability of posture of the roller and easiness of cutting work.

CONSTITUTION: A needlelike roller in which a crowning section having a ratio of diameter of the roller ( $D_a$ ) to the length ( $l_r$ ),  $l_r/D_a$ , of 1.2-2.0 and the contact length with a raceway track face of  $3/4$  or less of the length ( $l_r$ ) of the roller is formed is adopted as the needlelike roller of a thrust needle like roller bearing.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

11.06.2002

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-166014

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 6 月 25 日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

F 1 6 C 19/22

33/46

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願平7-175464

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 6 月 19 日

(31) 優先権主張番号 特願平6-217817

(32) 優先日 平 6 (1994) 8 月 19 日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平6-275657

(32) 優先日 平 6 (1994) 10 月 14 日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号

(72) 発明者 池沢 且弘

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目 5 番 50 号

日本精工株式会社内

(72) 発明者 岩佐 弘志

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目 5 番 50 号

日本精工株式会社内

(72) 発明者 野村 康裕

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目 5 番 50 号

日本精工株式会社内

(74) 代理人 弁理士 渡部 敏彦

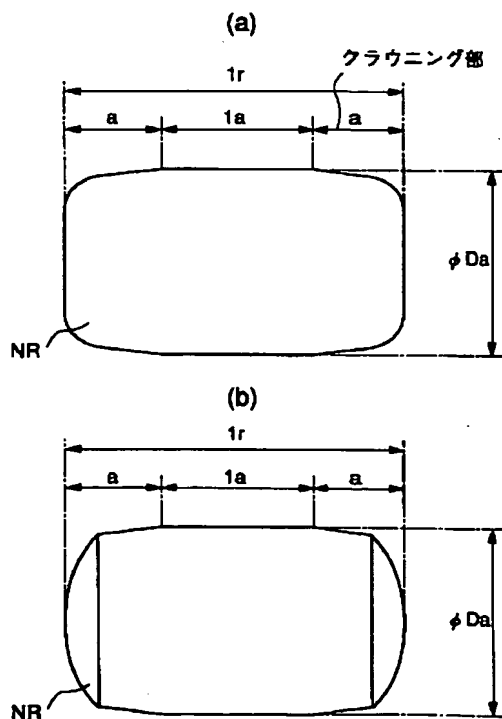
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スラスト針状コロ軸受、転がり軸受、およびスラスト針状コロ軸受の保持器

## (57) 【要約】

【目的】 コロの姿勢の安定性、研削加工の容易性を保持しつつ動トルクを極力小さくし、かつコロの脱落を防止し得るスラスト針状コロ軸受を提供する。

【構成】 スラスト針状コロ軸受の針状コロとして、コロの径 ( $D a$ ) と長さ ( $l r$ ) の比  $l r / D a$  が 1.2 ~ 2.0 であって、軌道面との接触長さが前記コロの長さ ( $l r$ ) の 3/4 以下となるようなクラウニング部が形成された針状コロを採用する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 コロの径(Da)と長さ(lr)の比 $lr/Da$ が1.2~2.0であって、軌道面との接触長さが前記コロの長さ(lr)の3/4以下となるようなクラウニング部が形成された針状コロを有することを特徴とするスラスト針状コロ軸受。

【請求項2】 代替フロン及び作動油中で使用される転がり軸受であって、鋼鉄製の転動体、内輪、外輪の少なくとも1つの表面に窒素を含有せしめたことを特徴とする転がり軸受。

【請求項3】 少なくとも転動体と接触する部分の一部が樹脂で形成されていることを特徴とするスラスト針状コロ軸受の保持器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、スラスト針状コロ軸受、転がり軸受、およびスラスト針状コロ軸受の保持器に関し、特に代替フロン等の環境下で使用するのに好適なスラスト針状コロ軸受、転がり軸受、およびスラスト針状コロ軸受の保持器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、スラスト針状コロ軸受は、保持器と針状コロで構成されており、また、これらと軌道輪を組み合わせたものも知られており、針状コロとしては、通常、コロの径(Da)と、コロの長さ(lr)の比( $lr/Da$ )が1.4~3.4程度のものが使用されている。

【0003】 また、近年、地球温暖化防止等の環境保護の観点から、エアコン用のコンプレッサ等においても、冷媒としてHCFCl34a等の代替フロンの使用が開始されている。この代替フロンは、従来のCFC(クロロフルオロカーボン)12等に比べて、自己潤滑作用が乏しいだけでなく、相溶性の観点から作動油として用いられるPAG(ポリアリキレングリコール)は、吸湿性が大きいという特徴がある。

【0004】 このため、代替フロンとPAGの環境の下で軸受を使用した場合、PAG中に侵入した微量の水分により微小ピットが発生し、さらに吸水および代替フロンの溶解によりPAGの粘度が低下して潤滑条件が劣化する等の複合的作用により、剥離、摩耗等の表面損傷を生じて軸受けが焼き付いてしまい、所期の寿命特性が得られないという問題が生じる。

【0005】 このような問題を解決するためには、軸受材料の耐食性を向上させ、さらに潤滑条件の改善を図る必要がある。そこで、従来は、耐食性の向上方法としては、軸受材料としてステンレス鋼(例えばSUS440C)を使用するのが一般的である。また、潤滑条件の改善に関しては、作動油を改良して潤滑性を改善するのが最も効果があるが、相溶性の観点から作動油の選択範囲が制限されることから大幅な潤滑性の向上は望めない。

【0006】 そこで、冷媒中の潤滑油の量を増やして潤滑性を向上させることにより焼き付けを防止する方法が考えられるが、この方法では、コンプレッサの冷却性能が劣化するという新たな問題が生じる。この新たな問題点を解決する技術としては、保持器の表面処理、すなわち基板上にフッ化炭素化合物のプラズマ重合層を形成することによって焼き付けを防止するようにしたもの知られている(特開平2-238094号公報)。

【0007】 また、従来、軸受の転動体を保持する保持器の材質としては、金属が使用されてきたが、金属製の保持器では、転動体との間で摩耗が生じやすく、寿命が短くなるため、特開昭第64-79419号公報、特開平第4-357323号公報に開示されている通り、樹脂製の保持器が実現されている。なお、これら樹脂製の保持器はその全ての部分が樹脂により構成されている。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、スラスト針状コロ軸受において、動トルクを小さくするためにはコロの長さを短くすればよいが、あまり短くするとコロの姿勢が不安定になったり、コロが保持器から脱落したり、研削加工が困難になるという問題が生じる。

【0009】 また、耐食性を向上させるために、軸受材料としてステンレス鋼を使用すると、軸受のコストが上昇し、車載用のコンプレッサに適用するのが困難になるという問題があった。また、上記のように、作動油の改良による潤滑条件の改善は、十分な効果が得られていないという問題もあった。さらに、上記公報の表面処理(プラズマ重合層の形成)は、量産に適さず製造コストのアップを招くと共に、基板のような平面に対しては均一に表面処理を行えるが、軸受保持器のような複雑な形状のものに対しては、均一に表面処理を行えないという問題があった。

【0010】 また、保持器を金属で構成すると、転動体(コロ)との間で摩耗が生じやすく、寿命が短くなるという問題を解決すべく、保持器の全ての部分を樹脂で構成すると、金属で構成した場合に比べて剛性が弱くなってしまう。このため、特に、スラスト針状コロ軸受では、転動体間の間仕切り部(柱部)や転動体の端面を受ける外周部の厚さが非常に薄いので、高速で回転する転動体の遠心力によりクリープ変形を起こすという新たな問題が生じていた。

【0011】 本発明は、このような背景の下になされたもので、第1の目的は、コロの姿勢の安定性、研削加工の容易性を保持しつつ動トルクを極力小さくし、かつコロの脱落を防止し得るスラスト針状コロ軸受を提供することにある。

【0012】 本発明の第2の目的は、コストアップを招くことなく耐食性を向上させ得る転がり軸受を提供することにある。

【0013】 本発明の第3の目的は、転動体との間の摩

耗を低減しつつクリープ変形を防止し得るスラスト針状コロ軸受の保持器を提供することにある。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するため、請求項1記載の発明に係るスラスト針状コロ軸受は、コロの径(Da)と長さ(lr)の比 $lr/Da$ が1.2~2.0であって、軌道面との接触長さが前記コロの長さ(lr)の3/4以下となるようなクラウニング部が形成された針状コロを有している。

【0015】上記第2の目的を達成するため、請求項2記載の発明は、代替フロン及び作動油中で使用される転がり軸受であって、鋼鉄製の転動体、内輪、外輪の少なくとも1つの表面に窒素を含有せしめている。

【0016】上記第3の目的を達成するため、請求項3記載の発明に係るスラスト針状コロ軸受の保持器は、少なくとも転動体と接触する部分の一部が樹脂で形成されている。

#### 【0017】

【作用】請求項1記載の発明に係るスラスト針状コロ軸受では、針状コロの径(Da)と長さ(lr)の比 $lr/Da$ を1.2~2.0とすることにより、コロの回転、保持器からの脱落等を防止しつつ、可及的に動トルクを低減すると共に、軌道面との接触長さが針状コロの長さ(lr)の3/4以下となるようなクラウニング部を形成することにより、接触部分を少なくして動トルクを低減している。

【0018】請求項2記載の発明に係る転がり軸受では、鋼鉄製の転動体、内輪、外輪の少なくとも1つの表面に窒素を含有せしめることにより、代替フロン及び作動油中という微量の水分が発生する環境下で使用してもピットが発生しないようにして、コストアップを招くことなく耐食性を向上させている。

【0019】請求項3記載の発明に係るスラスト針状コロ軸受の保持器では、少なくとも転動体と接触する部分の一部を樹脂で形成することにより、転動体との間の摩擦を低減しつつクリープ変形を防止している。

#### 【0020】

##### 【実施例】

【第1の発明の実施例】図1は第1の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の針状コロの形状を示す図である。図1(a)、(b)に示したように、第1の発明では、長さlrの針状コロNRに対して、その両端部分に

長さaのクラウニングを形成することにより、相手軌道面との接触長さlaが全長lrの3/4以下とし、これによりスラスト針状コロ軸受の動トルクを低減している。なお、図1(b)に示したように、針状コロNRの両端面をアーチ状にすることにより、針状コロNRの両端面と保持器との接触面積を小さくして、より動トルクを低減することも可能である。

【0021】また、第1の発明では、針状コロNRは、コロ径Daとコロ長lrとの比 $lr/Da$ が1.2~2.0となるように構成されている(図2(b)参照)。このように構成したのは、動トルクを低減するためには、針状コロNRの長さを短くすればする程よいが、コロ径Daとコロ長lrとの比 $lr/Da$ を1.2より小さくすると、図2(a)に示したように、針状コロNRが回転したり、保持器から脱落し、さらに研削加工も困難になるからである。

【0022】次に、針状コロNRを上記のように構成した根拠をより詳細に説明すると、図3に示したような試験装置を用いて動トルクを測定した。

【0023】この試験装置は、図3に示したように、それぞれキー3, 4により回転軸5に係合され、回転軸5と一体になって回転する第1の回転体1と第2の回転体2を有している。また、第1の回転体1と第2の回転体2との間には、第1の固定部6が設けられ、第1の回転体1と第1の固定部6、および第2の回転体2と第1の固定部6の間に、それぞれ試験対象のスラスト針状コロ軸受Bを配置するようになっている。なお、第1の回転体1は、軸受7により第2の固定部8に支承され、第2の回転体2は、軸受9により第3の固定部10に支承されている。

【0024】第1の固定部6にはダイヤルゲージ11とトルク検出用ロードセル12とが取り付けられ、第2の固定部8にはスラスト荷重検出用ロードセル13が取り付けられ、第2の回転体2には回転計14が取り付けられている。なお、トルク検出用ロードセル12にはペンレコーダ15が接続されている。

【0025】図3の試験装置を用いて軸受の直径 $Dm=42\text{ mm}$ 、針状コロの直径 $Da=2\text{ mm}$ のスラスト針状コロ軸受について、荷重 $1500\text{ kgf}$ の下で動トルクを測定したところ、表1のような結果が得られた。

#### 【0026】

##### 【表1】

	$l_r/Da$	接触長さ比	動トルク (kgf-cm)
実施例 1	2.0	$3/4 l_r$	8~8.2
実施例 2	1.4	$3/4 l_r$	8~8.3
実施例 3	2.0	$1/4 l_r$	8.2~8.5
実施例 4	1.4	$1/4 l_r$	8.~8.5
比較例 1	3.0	$3/4 l_r$	12~12.5
比較例 2	1.1	$3/4 l_r$	8~9
比較例 3	2.0	$l_r$	12~13
比較例 4	2.0	$1/8 l_r$	9~12

表1の測定結果により、実施例1のように、 $l_r$ （コロ長）/ $Da$ （コロ径）=2.0で、接触長さ $la=3/4 l_r$ の場合には、動トルクは8~8.2 kgf-cmとなり、実施例2のように、 $l_r/Da=1.4$ で、接触長さ $la=3/4 l_r$ の場合には、動トルクは8~8.3 kgf-cmとなり、実施例3のように、 $l_r/Da=2.0$ で、接触長さ $la=1/4 l_r$ の場合には、動トルクは8.2~8.5 kgf-cmとなり、実施例4のように、 $l_r/Da=1.4$ で、接触長さ $la=1/4 l_r$ の場合には、動トルクは8~8.5 kgf-cmとなり、いずれの実施例においても動トルクを良品レベルの9.0 kgf-cm以下にすることができることが判明した。

【0027】また、比較例1のように、 $l_r/Da=3.0$ で、接触長さ $la=3/4 l_r$ の場合には、動トルクは12~12.5 kgf-cmとなって、動トルクが大きくなり、比較例2のように、 $l_r/Da=1.1$ で、接触長さ $la=3/4 l_r$ の場合には、動トルクは8~9 kgf-cmとなって、動トルクについては問題ないが、 $l_r/Da=1.1$ であるので、研削加工が困難になることが予想される。また、比較例3のように、 $l_r/Da=2.0$ で、接触長さ $la=l_r$ 、すなわちクラウニング部を形成しない場合には、動トルクは12~13 kgf-cmとなって、動トルクが大きくなり、比較例4のように、 $l_r/Da=2.0$ で、接触長さ $la=1/8 l_r$ の場合には、動トルクは9~12 kgf

-cmとなって、動トルクのバラツキが大きくなることが判明した。なお、この場合には、接触長さ $la=1/8 l_r$ であるので、針状コロの姿勢が非常に不安定になることが予想される。

【0028】さらに、図3の試験装置を用いて軸受の直径 $Dm=42$ mm、針状コロの直径 $Da=2$ mmのスラスト針状コロ軸受について、 $l_r/Da=1.9$ （すなわち $l_r=3.8$ mm）で、クラウニング部が形成されていない針状コロを有する第1の軸受と、 $l_r/Da=1.9$ （すなわち $l_r=3.8$ mm）で、0.95mm以上のクラウニング部、すなわち、軌道面との接触長さがコロ全長である3.8mmの3/4以下のクラウニング部が形成されている針状コロを有する第2の軸受と、 $l_r/Da=1.0$ （すなわち $l_r=2.0$ mm）で、クラウニング部が形成されていない第3の軸受について、荷重を変えて動トルクを測定したところ、図4のような結果が得られた。

【0029】すなわち、図4の実線は上記第1の軸受、破線は上記第2の軸受、一点鎖線は上記第3の軸受の測定結果を示しており、実線で示した上記第1の軸受では、 $l_r/Da$ が1.9と比較的小さくても、クラウニング部が形成されていない場合には、動トルクが大きくなることを示している。また、一点鎖線で示した上記第3の軸受では、クラウニング部が形成されていなくても $l_r/Da$ が1.0であり、コロ長 $l_r$ が2.0mmと短いので動トルクが小さくなることを示しているが、こ

の場合はコロが回転する等して姿勢が不安定になる。一方、破線で示した上記第2の軸受では、動トルクは上記第3の軸受に比べるとほんの僅かだけ小さくなるが、姿勢が不安定になることはない。

【0030】従って、針状コロは、コロ径 $D_a$ とコロ長 $l_r$ との比( $l_r/D_a$ )が1.2~2.0となるようにし、クラウニングを形成して相手軌道面との接触長さ $l_a$ が全長 $l_r$ の3/4以下となるようにするのが好ましい。なお、第1の発明においては、代替フロンおよび作動油の環境下で使用した場合等において、コロの損傷を防止するため、保持器をコロ持たせではなくレース持たせにすることが望ましい。

【0031】【第2の発明の実施例】HFC(ハイドロフルオロカーボン)等の代替フロンとPAG(ポリアリキレングリコール)の環境下において水分によって発生する軸受材料の腐食に対する耐食性を改善すべく、種々検討した結果、軸受鋼の表面に或る程度の窒素を含有させることが有効であることを見出した。

【0032】すなわち、SUJ2を内外輪(上下のレース)および転動体の材料として用い、図5(a)に示すように、吸熱形ガスとエンリッチガスとアンモニアガスの雰囲気の下で、840℃で浸炭窒化処理を行った後、図5(b)に示すように、180℃で2時間の焼戻しを行った。この際、表面窒素含有量の調整は、アンモニア濃度を変更することにより行った。なお、軸受材料は、SUJ2の他に、ステンレス鋼に属さない低合金鋼、例えば浸炭鋼を用いてもよい。

【0033】そして、摩擦低減のための表面処理として、保持器に対して、まず下地処理として、その表面を磷酸塩処理した(膜厚5 $\mu$ m)。そして、さらにその上に二硫化モリブデン( $MoS_2$ )および四フッ化エチレン(PTFE)をポリアミドイミドをバインダーとして焼成膜(膜厚15 $\mu$ m)を形成した。なお、下地処理においては、磷酸塩処理に代えて浸硫化処理、浸硫窒化処理、ガス軟窒化処理を行うことも可能であり、以上の下地処理に先だって浸炭、または浸炭窒化処理を施してもよい。また、二硫化モリブデンおよび四フッ化エチレンは、これらを単独で用いてもよい。また、前記下地処理の後、Ag、Snなどの金属固体潤滑剤層をめっき等により設けることも、耐焼付性向上に有益である。

【0034】さらに、バインダーとして用いる合成樹脂は、ポリアミドイミドに限らずエポキシ樹脂等の他の熱硬化樹脂を用いることもできる。このような摩擦低減のための固体潤滑剤焼成等による表面処理は、保持器以外の転動体、内輪、外輪の少なくとも1つに施してもよい。また、下地処理である前記磷酸塩処理に代えて浸硫化処理、浸硫窒化処理、ガス軟窒化処理のいずれかを潤滑膜として単独で用いてもよい。さらに、浸炭、または浸炭窒化処理のいずれかを施し、その後、浸硫化処理、浸硫窒化処理、ガス軟窒化処理のいずれかを施したもの

を潤滑膜としてもよい。なお、これら第2の発明の実施例に係る保持器の表面処理の変形例については、後で詳述する。

【0035】図6は、軸受用の寿命試験機の概略構成を示す図であり、この寿命試験機は、電気製鋼所編「特殊鋼便覧」(第1版、理工学社、1965年5月25日発行)の第10頁~第21頁に記載のスラスト形軸受鋼寿命試験機を基本として、試験室に代替フロンを封入した状態でその試験部を密閉したものである。

【0036】すなわち、試験室21は、下面に凹部が形成された上側固定部22と上面に凹部が形成された下側固定部23とが、リング24により嵌合されることにより密閉空間を形成可能となっている。そして、スピンドル25は、下側固定部23と下側固定部23とに支承され、スピンドル25に取付けられた回転円盤部25aの下面と下側固定部23の上面との間に、試験対象の試験片(軸受)26を配置できるように構成されている。なお、31はスラスト軸受、32はラジアル軸受、33はシール、34は間座である。

【0037】なお、図6における26aは軸受の上レース、26bは軸受のコロおよび保持器、26cは軸受の下レースである。また、27は潤滑油であり、この潤滑油27は潤滑油供給口(排出口)28から試験室21内に供給される。また、29、30は、それぞれ代替フロン用の導入口、排出口である。代替フロン134aを導入口29より導入、排出口30より真空ポンプで吸引し、試験室21を代替フロン134aで満たした後は、導入口29、排出口30をバルブで閉鎖する。

【0038】このような試験機を用いて、スラスト針状軸受について、 $P_{max}=2000\text{Mpa}$ 、 $N=4900\text{c.p.m.}$ 、雰囲気はHFC134a(1気圧)、潤滑油はPAG(VG48;3%水含有)という条件の下で試験を行ったところ、表2~3に示したような試験結果が得られた。なお、試験片作成にあたり、熱処理後の研削取代は、全て片側0.15mmとした。また、試験部21の振動値が初期値の2倍に達した時点をもって寿命とした。

【0039】表2~3に示した試験結果について検討すると、試料番号1~3は、表面処理が施されておらず、表面粗さも0.1Raと良好ではないが、表面窒素含有量が少なくとも0.09%である。このため、ピーリングが発生し、摩擦度も大きい、ピットおよび剥離は発生せず、少なくとも $10 \times 10^6$ 回転(rpm)の耐久寿命を達成することができる。試料番号4は、表面処理も施されておらず、表面窒素含有量も0.07%と少なく、表面粗さも0.1Raと良好ではないため、ピーリング、ピットおよび剥離が発生し、摩擦度も大きいため、 $1 \times 10^6$ 回転の耐久寿命しか得られない。また、試料番号5は、表面処理が施されておらず、表面粗さも0.1Raと良好ではないが、表面窒素含有量が0.6

%が多いため、ピーリングが発生し、摩耗度も大きい  
が、ピットおよび剥離は発生せず、 $1.3 \times 10^6$ 回転の  
耐久寿命を達成することができる。しかし、このように  
表面窒素含有率が0.6%と多くなると、研削性が劣化

し、製造コストが上昇することとなる。

【0040】

【表2】

試料 番号	表面窒素 含有量(%)	表面 処理	表面 粗さ	耐久寿命	ピット	剥離	ピー リング	摩 耗 度
1	0.49	無し	0.1 $R_a$	$10 \times 10^6$	無し	無し	有り	大
2	0.3	無し	0.1	$11 \times 10^6$	無し	無し	有り	大
3	0.09	無し	0.1	$12 \times 10^6$	無し	無し	有り	大
4	0.07	無し	0.1	$1 \times 10^6$	有り	有り	有り	大
5	0.6	無し	0.1	$13 \times 10^6$	無し	無し	有り	大
6	0.09	有り	0.1	$8 \times 10^6$	有り	有り	有り	小
7	0.03	無し	0.1	$1 \times 10^6$	有り	有り	有り	大
8	0.48	有り	0.08	$30 \times 10^6$	無し	無し	有り	小
9	0.3	有り	0.09	$22 \times 10^6$	無し	無し	有り	小
10	0.09	有り	0.1	$23 \times 10^6$	無し	無し	有り	小
11	0.3	無し	0.1	$10 \times 10^6$	無し	無し	有り	大
12	0.06	有り	0.1	$6 \times 10^6$	有り	有り	有り	小
13	0.47	無し	0.03	$30 \times 10^6$	無し	無し	無し	大
14	0.3	無し	0.03	$20 \times 10^6$	無し	無し	無し	大
15	0.1	無し	0.03	$21 \times 10^6$	無し	無し	無し	大
16	0.3	無し	0.06	$23 \times 10^6$	無し	無し	無し	大
17	0.3	無し	0.03	$22 \times 10^6$	無し	無し	無し	大
18	0.3	無し	0.01	$25 \times 10^6$	無し	無し	無し	大
19	0.3	無し	0.08	$10 \times 10^6$	無し	無し	有り	大
20	0.07	無し	0.01	$6 \times 10^6$	有り	有り	無し	大

【0041】

【表3】

試料 番号	表面窒素 含有量(%)	表面 処理	表面 粗さ	耐久寿命	ピット	剥離	ビー リング	摩 耗 度
21	0.03	有り	0.03Ra	$10 \times 10^6$	有り	有り	無し	小
22	0.03	有り	0.05	$10 \times 10^6$	有り	有り	無し	小
23	0.03	有り	0.03	$10 \times 10^6$	有り	有り	無し	小
24	0.03	有り	0.01	$10 \times 10^6$	有り	有り	無し	小
25	0.03	有り	0.07	$5 \times 10^6$	有り	有り	有り	小
26	0.03	無し	0.05	$5 \times 10^6$	有り	有り	無し	大
27	0.49	有り	0.03	$70 \times 10^6$	無し	無し	無し	小
28	0.3	有り	0.03	$53 \times 10^6$	無し	無し	無し	小
29	0.09	有り	0.03	$50 \times 10^6$	無し	無し	無し	小
30	0.3	有り	0.03	$51 \times 10^6$	無し	無し	無し	小
31	0.3	有り	0.03	$55 \times 10^6$	無し	無し	無し	小
32	0.3	有り	0.03	$56 \times 10^6$	無し	無し	無し	小
33	0.3	有り	0.05	$53 \times 10^6$	無し	無し	無し	小
34	0.3	有り	0.03	$52 \times 10^6$	無し	無し	無し	小
35	0.3	有り	0.01	$55 \times 10^6$	無し	無し	無し	小
36	0.3	有り	0.07	$20 \times 10^6$	無し	無し	有り	小
37	0.3	無し	0.03	$20 \times 10^6$	無し	無し	無し	大
38	0.07	有り	0.03	$10 \times 10^6$	有り	有り	無し	小

試料番号6は、表面窒素含有量が0.03%と少なく、表面粗さも0.1Raと良好ではないが、表面処理が施されている。このため、ピーリング、ピットおよび剥離が発生するが、摩耗度が小さくなり、 $6 \times 10^6$ 回転の耐久寿命を達成できる。試料番号7は、表面窒素含有量が0.03%と少なく、表面粗さも0.1Raと良好ではなく、表面処理が施されていないため、ピーリング、ピットおよび剥離が発生し、摩耗度も大きくなり、 $1 \times 10^6$ 回転の耐久寿命しか得られない。

【0042】試料番号8～10は、表面粗さが少なくとも0.08Ra以上であり良好ではないが、表面窒素含有量が少なくとも0.09%以上あり、表面処理も施されているため、ピーリングは発生するものの、ピットおよび剥離は発生せず、摩耗度も小さいため、少なくとも $22 \times 10^6$ 回転の耐久寿命を達成することができる。

【0043】試料番号11は、表面処理が施されておらず、表面粗さも0.1Raと良好ではないが、表面窒素含有量が少なくとも0.3%である。このため、ピーリングが発生し、摩耗度も大きい、ピットおよび剥離は発生せず、 $10 \times 10^6$ 回転の耐久寿命を達成することができる。試料番号12は、表面窒素含有量が0.05%と少なく、表面粗さも0.1Raと良好ではないが、表面処理が施されている。このため、ピット、剥離、およびピーリングが発生するが、摩耗度が小さいため、最低限 $5 \times 10^6$ 回転の耐久寿命は達成することができる。

【0044】試料番号13～18は、表面処理が施されていないが、表面窒素含有量が少なくとも0.1%以上

あり、表面粗さが少なくとも0.05Ra以下であり良好であるため、摩耗度は大きい、ピット、剥離、およびピーリングが発生せず、少なくとも $20 \times 10^6$ 回転の耐久寿命を達成することができる。試料番号19は、表面処理が施されておらず、表面粗さも0.08Raと良好ではないが、表面窒素含有量が0.3%であるため、ピーリングが発生し摩耗度も大きい、ピットと剥離は発生せず、 $10 \times 10^6$ 回転の耐久寿命を達成することができる。試料番号20は、表面窒素含有量が0.07%と少なく、表面処理も施されていないが、表面粗さが0.01Raと良好であるため、ピットと剥離が発生し摩耗度も大きい、油膜の形成が促進されてピーリングは発生せず、最低限 $5 \times 10^6$ 回転の耐久寿命は達成することができる。

【0045】試料番号21～24は、表面窒素含有量が0.03%と少ないが、表面処理が施されており、表面粗さも少なくとも0.05Ra以下であり良好であるため、ピーリングが発生するが、ピットと剥離が発生せず摩耗度も小さいため、 $10 \times 10^6$ 回転の耐久寿命を達成することができる。試料番号25は、表面窒素含有量が0.03%と少なく、表面粗さも0.07Raと良好ではないが、表面処理が施されているため、ピット、剥離、ピーリングは発生するが、摩耗度が小さいため、最低限 $5 \times 10^6$ 回転の耐久寿命は達成することができる。試料番号26は、表面窒素含有量が0.03%と少なく、表面処理も施されていないが、表面粗さが0.05Raと良好であるため、ピットと剥離が発生し摩耗度も大きい、油膜の形成が促進されてピーリングが発生

しないため、最低限  $5 \times 10^6$  回転の耐久寿命は達成することができる。

【0046】試料番号27～35は、表面窒素含有量が少なくとも0.09%以上あり、表面処理も施されており、表面粗さも少なくとも0.05Ra以下であり良好であるため、ピット、剥離、ピーリングのいずれも発生せず摩耗度も小さいため、少なくとも  $50 \times 10^6$  回転の耐久寿命を達成することができる。試料番号36は、表面粗さが0.07Raであり良好ではないが、表面窒素含有量が0.3%もあり、表面処理も施されているため、ピーリングは発生するもののピットと剥離は発生せず摩耗度も小さいため、少なくとも  $20 \times 10^6$  回転の耐久寿命を達成することができる。試料番号37は、表面処理は施されていないが、表面窒素含有量が0.3%もあり、表面粗さも0.03Raであり良好なので、摩耗度は大きい、ピット、剥離、ピーリングのいずれも発生せず、 $20 \times 10^6$  回転の耐久寿命を達成することができる。試料番号38は、表面窒素含有量が0.07%と少ないが、表面処理が施されており、表面粗さも0.03Raであり良好なので、ピットと剥離は発生するがピーリングは発生せず、摩耗度も小さいので、 $10 \times 10^6$  回転の耐久寿命を達成することができる。

【0047】このように、表面窒素濃度を適切に調節してピットおよび剥離の発生を防止し、または表面粗さを適切に調節して油膜の形成を促進してピーリングの発生を防止し、または表面処理を施して摩擦を低減することによって、ピットが発生してたとえ油膜切れが生じても表面被膜等の存在により金属接触を防止することにより、代替フロン、および水混入潤滑油の環境下でも転がり軸受の長寿命化を図ることができる。この場合、上記試験結果から、表面窒素濃度は0.08%～0.5%とすることが望ましく、表面粗さは0.05Ra以下とすることが望ましい。なお、表面窒素濃度の上限を0.5%としたのは、これ以上の濃度にしても特段に寿命が延びることがないばかりでなく、研削性の劣化に伴って製造コストが上昇するからである。

【0048】なお、摩擦低減のための固体潤滑剤焼成等による表面処理は、上記試験においては保持器に対してのみ施したが、保持器以外の転動体、内輪、外輪の少なくとも1つに施してもほぼ同等の効果が得られた。

【0049】次に、前記表面処理の変形例について、保持器を例に詳述する。なお、ここでは、保持器の素材としては、冷間圧延鋼板（SPCC）を用い、その形状は、図21に示すものと同一のものを用いているが、これに限らず、各種の鋼、その他の金属（好ましくは耐食性を有するもの）を素材とし、圧延でなく切削加工により作られるものでもよい。

【0050】表面処理は、大別して、（A）前記のラスト針状ころ軸受の試験で用いたような、下地処理を施し、その上に固体潤滑剤を被覆するものと、（B）素地

の鉄と窒素と炭素との化合物、または鉄と窒素と炭素と硫黄との化合物（ただし、両方とも炭素は除いてもよい）を素地表面に形成するものがある。

【0051】前者（A）に関しては、ここでは固体潤滑剤としては四フッ化エチレン（PTFE）をポリアミドイミドをバインダとしてコーティングしたものについて取上げるが、前述したように、これに代え、固体潤滑剤としては二硫化モリブデン（ $\text{MoS}_2$ ）や二硫化タングステン（ $\text{WS}_2$ ）等、他のものを用いてもよく、或いは、これらの2種類を混合したものでもよい。また、バインダとしては、ポリアミドイミド、エポキシ樹脂等を適宜選択してもよく、これらいずれの固体潤滑剤、およびバインダのものであっても、以下に示す試験結果と同等の作用・効果が得られる。

【0052】前記固体潤滑剤の下地処理としては、①浸炭、または浸炭窒化処理、②浸硫化、または浸硫窒化処理、③ガス軟窒化処理、④燐酸塩処理（例えば燐酸マンガ塩被膜処理、燐酸亜鉛被膜処理等）を単独で施すか、或いは⑤前記①の処理を1次処理とし、この1次処理と、2次処理としての②、③、または④の少なくともいずれかとを組合わせたものを施すことができる。さらに、①、②、③、または⑤の下地処理の後、④の処理を施してもよい。

【0053】④の処理により形成される燐酸塩処理被膜は、表面に凹凸を生じ、その上に塗膜される固体潤滑剤およびバインダとの接触面積が増すことにより、バインダと強く結合することとなり、固体潤滑剤と素地表面との密着性を高める働きがある。この働きは、1例として燐酸マンガ塩被膜で確認したところ、膜厚は  $4 \mu\text{m}$  ～  $10 \mu\text{m}$  が好ましいことが判明した。すなわち、 $4 \mu\text{m}$  未満の膜厚では、表面の凹凸が十分ではなく、密着性が不十分となり、膜厚が  $10 \mu\text{m}$  を越えると、表面が粗くなりすぎ、上に固体潤滑剤を塗膜した状態でも粗さが残り、保持器して使用した場合に油膜が切れる部分が生じる等、潤滑条件が悪化し、また、寸法公差も悪くなるという不具合を生じる。従って、本実施例では、燐酸塩処理被膜の膜厚は  $4 \mu\text{m}$  ～  $10 \mu\text{m}$  とした。なお、前記固体潤滑剤の下地処理の他の例としては、後述するように、ここでは、代表例として浸炭窒化処理を取上げた。

【0054】後者（B）に関しては、鉄と窒素との化合物層を形成させる処理として、ガス軟窒化処理があり、鉄と窒素と硫黄との化合物層を形成させる処理として、浸硫窒化処理があり、更にこれらの化合物の成分として炭素を加える処理としては、1次処理としての浸炭、または浸炭窒化処理と、その後に行う1次処理としてのガス軟窒化処理（または浸硫窒化処理）とを組合わせた処理などがあり、いずれも保持器の摩耗低減に効果がある。また、窒素や炭素は母材（素地）金属との化合物を形成し、保持器の強度（変形力に対する強度、および疲労強度）を向上させる効果もある。

【0055】以下、上記の効果を試験例に基づいて詳細に説明する。この試験では、試料の軸受としては、FP501724およびFP501729（いずれもスラストニードル軸受、外径37mm、内径17mm、組立てた状態での幅が7mm、その保持器（試験対象：試料）は、図21に示したものと同一形状のプレス成形したSPCC鋼板製で、外径34mm、内径17mm、高さ最大2.15mm）のものをを用い、転動体（ニードル）および軌道輪は、いずれもSUJ2からなり、表面窒素含有率0.3重量%、表面粗さ0.03Raのものを使用した。

【0056】図7は、この試験に用いた寿命試験機の概略構成を示す図であり、この寿命試験機は、1対の軸受41a、41bにより回転自在に支持されたシャフト42に2つの試験軸受43a、43bを取付け、ガイド44で支持されたハウジング45を介してスラスト荷重Faを試験軸受43a、43bに負荷し、図示省略したモータおよびベルトによりプーリー46を回転駆動するように構成されている。

【0057】また、シャフト42には、試験軸受43a、43bをそれぞれ取付けるためのレース固定部47aおよびレース回転部48a、レース固定部47bおよびレース回転部48bが設けられており、レース回転部48a、48bはシャフト42と一体になって回転し、レース固定部47a、47bは回転禁止されるように構成されている。試験軸受43aの第1軌道輪49、第2軌道輪50は、それぞれレース固定部47a、レース回転部48aに係止され、試験軸受43bの第1軌道輪49、第2軌道輪50は、それぞれレース固定部47b、レース回転部48bに係止される。そして、シャフト42が回転すると、試験軸受43a、43bの第2軌道輪50は、転動可能に保持器51に保持されたニードル52の作用により、レース回転部48a、48bと一体になって回転駆動されるが、試験軸受43a、43bの第1軌道輪49は、それぞれレース固定部47a、47bによって回転停止状態が維持される。

【0058】試験条件は、回転速度は5000rpm、スラスト荷重は500kgf、潤滑条件は5gのPAGオイル（3%の水分を含む）とした。なお、PAGオイルは、試験機に試験軸受43a、43bを組み込む前に、固定側の軌道輪を外した状態で保持器のポケット部に注射器により滴下して供給した。

【0059】試験対象の保持器（SPCC鋼板製）に対する浸炭窒化処理は、吸熱形ガス+エンリッチガス+アンモニアガスの雰囲気中で0.5時間行った後、200℃で2時間の焼戻しを行った。なお、浸炭窒化処理に代えて例えば浸炭処理を行ってもよい。ガス軟窒化処理は、500℃から600℃の条件下でアンモニアガスを用いて1時間の窒化処理を施したものを、200℃で2時間の焼戻しを行った。

【0060】浸炭窒化処理は、還元性塩浴法によりシアン酸塩を使い、硫酸ナトリウム、亜硫酸ナトリウムの硫黄化合物を添加した塩浴中で560℃で1時間の処理を行った。また、四フッ化エチレンのコーティングは、ポリアミドイミドをバインダーとした有機溶剤をスプレーにて塗膜し、200℃で1時間の熱処理により形成したものである。特に、本実施例では、四フッ化エチレンと素地表面との密着性を高める目的で、保持器表面に燐酸マンガン塩被膜処理を施した。

【0061】ガス軟窒化処理により得られる組織は、窒化物（主としてFe<sub>3</sub>N）の表面層と窒素の内部拡散層で形成される。表面窒素濃度は処理温度に依存し、500℃以下でも窒素を固溶する窒化物層が形成されるが、耐摩耗性の点では、特に500℃（さらに好ましくは545℃）から600℃でのガス軟窒化処理が好ましい。また、Fe<sub>3</sub>Nとなる窒化物の表面層と窒素の内部拡散層の硬化層深さは処理時間に依存し、耐摩耗性の向上に寄与する。さらに、浸炭、もしくは浸炭窒化処理の1次処理と、ガス軟窒化処理の2次処理とを組み合わせることにより、炭素をほとんど固溶しないFe<sub>4</sub>Nの組織である拡散層に炭素を固溶させることが可能となり、硬度が高くなり耐焼付性が向上する。

【0062】また、浸炭窒化処理の硬化層深さは処理時間に依存する。数μmの化合物層で耐摩耗性は向上するが、処理温度を500℃から600℃とするのが望ましい。また、浸炭、もしくは浸炭窒化処理の1次処理と、浸炭窒化処理の2次処理とを組み合わせることにより、炭素を表面に固溶させた鉄と硫黄と窒素と炭素との化合物を形成させることが、耐摩耗性と耐焼付性の点で望ましい。

【0063】上記の各種表面処理を膜厚または硬化層深さを変えて施した保持器を有する軸受について、図7に示した寿命試験装置を用いて試験した試験結果を図8、図9に示す。図8は、浸炭窒化処理を予め施した後に、ガス軟窒化処理、浸炭窒化処理、四フッ化エチレン（PTFE：下地処理により、膜厚4μm～5μmの燐酸マンガン処理被膜が形成されたもの）被膜処理をそれぞれ行った場合の膜厚と保持器の焼付時間との関係を示し、図9は、浸炭窒化処理を施さずに、図8と同様のガス軟窒化処理、浸炭窒化処理、PTFE被膜処理をそれぞれ行った場合の膜厚と保持器の焼付時間との関係を示している。

【0064】図8、図9の試験結果を検討すると、浸炭窒化処理を予め施すか否かに拘らず、ガス軟窒化処理、浸炭窒化処理、PTFE被膜処理のいずれかを施すと、保持器の焼付時間は、図8、図9に破線で示した未処理の場合の焼付時間よりも長くなり、寿命の向上が認められる。

【0065】また、浸炭窒化処理を予め施すか否かに拘らず、ガス軟窒化処理、または浸炭窒化処理を施すと、

いずれも硬化層深さ（ここでは硬さHvが320～350以上となる深さ、さらに望ましくは硬さHvが450～500以上となる深さで定義する。）膜厚が10 $\mu$ mなったときに未処理の場合より耐摩耗性が向上し、焼付時間が長くなり、硬化層深さは10 $\mu$ m以上が好ましいことが判明した。また、硬化層深さを20 $\mu$ m以上にしても、処理時間がかかる割には焼付時間はそれほど延びず、寿命向上の効果が上がらないことも判明した。従って、経済性を考慮すると、ガス軟窒化処理、または浸炭窒化処理、あるいは浸炭窒化処理とこれらの処理との組合せによる硬化層深さは、10 $\mu$ m～20 $\mu$ mとするのが好ましいことが確認された。

【0066】上記PTFE被膜処理については、浸炭窒化処理を予め施すか否かに拘らず、ガス軟窒化処理、または浸炭窒化処理を施した場合より大幅に焼付時間が長くなり、2 $\mu$ m程度の膜厚で、ガス軟窒化処理、または浸炭窒化処理の焼付時間の飽和値に匹敵する効果が得られるが判明した。また、PTFE被膜処理の場合、浸炭窒化処理を予め施したときは膜厚が10 $\mu$ m以上、浸炭窒化処理を施さないときは膜厚が20 $\mu$ m以上になると、寿命向上の効果が飽和することが判明した。なお、膜厚が30 $\mu$ mを越えると、寸法公差に影響を及ぼし、転動体との間の隙間が大きくなり過ぎる部分や、小さくなり過ぎる部分が生じるという不具合が発生することが確認されているので、これらを考慮すると、PTFE被膜の膜厚は、2 $\mu$ m～30 $\mu$ m（好ましくは10 $\mu$ m～30 $\mu$ m）が望ましいことが確認された。

【0067】図8の浸炭窒化処理を予め施した場合と図9の浸炭窒化処理を施さない場合とを比較すると、浸炭窒化処理を予め施した場合の方が、ガス軟窒化処理、浸炭窒化処理、PTFE被膜処理のいずれについても、より寿命が向上していることが分かる。この浸炭窒化処理による寿命の向上について、ガス軟窒化処理を例にして、図10に基づいて説明する。

【0068】図10は、SPCC鋼板（厚さ0.5mm）に浸炭窒化処理、またはガス軟窒化処理、または浸炭窒化処理を予め施した後にガス軟窒化処理を施した場合の、表面からの深さと硬さ（Hv）との関係を測定した結果を示している。

【0069】図10に示したように、浸炭窒化処理のみでは表面層の硬さは800Hv以上であるが、内部深さ80 $\mu$ mでは200Hv以下（SPCCの母材硬さ）の硬さになり、表面から伝えられる応力に対して十分支えきれない。また、ガス軟窒化処理のみでは、内部硬さは母材硬さより上昇するが、表面硬さが400Hv以下となり他の2つの場合よりは耐摩耗性が劣ることとなる。

【0070】一方、浸炭窒化処理とガス軟窒化処理を組合わせた場合は、表面硬さ580Hv、内部硬さ300Hv以上の耐摩耗性の優れた表面が得られる。つまり浸炭窒化により表面層が硬化されるが、後のガス軟窒化処

理により表面から芯部に向かって窒素は深く拡散できるが焼戻りによる硬さ低下が生ずる。つまり、表面層窒化の侵入拡散による硬さの上昇と焼戻りによる硬さ低下の両現象が複合されて表面層の硬度は浸炭窒化処理のみよりも低く、ガス軟窒化処理のみより高くなり、芯部はガス軟窒化処理と同等になることを示している。さらに、保持器の疲労度も強くなるため、ころを抱える柱（間仕切り部）の破損も防止できる。さらに、内部まで硬くなることにより、保持器の変形も生じにくくなる。また、図10に示したように、浸炭窒化処理を施した後にガス軟窒化処理を施した場合は、浸炭窒化処理だけを施した場合に比べて、結果のバラツキが小さくなっている。これは、表面層に仮に摩耗または損傷が生じても、下地である浸炭窒化層が支えることにより、信頼性が増すためと考えられる。

【0071】以上説明したように、代替フロン等の水混入潤滑環境下においても、スラストニードル軸受の保持器として、少なくとも窒素を含有させるための所定の処理を施したものを使用することにより、あるいは所定の下地処理により素地との密着性を確保した上で固体潤滑剤を被膜することにより、耐摩耗性および潤滑条件を向上させて焼付の発生を遅延させることにより、保持器の長寿命化を達成できるようになる。なお、上記の各種表面処理を施したのであれば、スラストニードル軸受に限らず、他のタイプの各種軸受に適用できることは言うまでもない。また、保持器以外の転動体、軌道輪に適用することも可能である。

【0072】〔第3の発明の実施例〕図11～図20は、それぞれ第3の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の保持器の構成図であり、図11（a）は保持器の平面図、図11（b）は図11（a）のA-A'断面図、図11（c）は図11（a）のB-B'断面図、図11（d）は図11（a）のC-C'断面図である。なお、図12～図20においても同様に、（a）を付した図は保持器の平面図であり、（b）を付した図は（a）を付した図のA-A'断面図、（c）を付した図は（a）を付した図のB-B'断面図、（d）を付した図は（a）を付した図のC-C'断面図である。

【0073】図11～図19に示した転がり針状コロ軸受の保持器は、金属製コア、または金属製リングと樹脂部とにより構成されている。ここで、金属の種類については特に限定されないが、冷間圧延鋼板（SPCC）等を使用できる。

【0074】一方、樹脂材料は、摺動性、耐熱性、耐薬品性、耐油性、強度に優れた材料が好ましく、具体的には、ナイロン66樹脂、ナイロン46樹脂、ポリフェニレンサルファイド樹脂（PPS樹脂）、或いはこれら樹脂にガラス繊維、炭素繊維等の短繊維を混入して強化した材料が好ましい。ナイロン66樹脂は、デュポン（株）の「ザイテル」、宇部興産（株）の「UBEナイ

ロン」、ピーエーエスエフエンジニアリング プラスチック（株）の「ウルトラミッドA」として、ナイロン46樹脂は、帝人（株）の「テイジン46ナイロン」、日本合成ゴム（株）の「Stanyl」として、PPS樹脂は、呉羽化学工業（株）の「フォートロンKPS」として入手できる。

【0075】図11～図19に示した保持器の製造方法としては、予め製造された金属製コア、または金属製リングを金型内に装着したとき、転動体案内内部の一部または全部に相当する部分に空間が形成されるような金型を用意し、その空間に樹脂を射出成形により形成する方法や、金属製コア、または金属製リングと樹脂部を別々に製造し、樹脂のスナップフィット性等を利用して組み立てる方法がある。

【0076】図11の保持器は、基本的には樹脂部Rにより構成されているが、各ポケット部Pとポケット部Pとの間（間仕切り部：柱部）の上面部であってポケット部の近傍を除く部分、各ポケット部Pの端面と内周面、および外周面との間は、金属部Mにより構成されている。すなわち、コロの側面と接触するポケット部Pの側面は樹脂部Rが露出した状態となっており、コロの端面と接触するポケット部Pの端面は、金属部Mが露出した状態となっている。なお、各ポケット部Pとポケット部Pとの間では、図11（d）に示したように、金属部Mの内周側の内面、および外周側の内面に、樹脂部Rの脱落を防止するための突起部Maが形成されている。

【0077】図12の保持器は、基本的には樹脂部Rにより構成されているが、各ポケット部Pよりも外側の外周部分は金属部Mにより構成されている。すなわち、コロと接触するポケット部Pの全ての面は、樹脂部Rが露出した状態となっている。なお、図12（d）に示したように、金属部Mの内面の上部と下部には、樹脂部Rの脱落を防止するための突起部Maが全周に亘って形成されている。

【0078】図13の保持器は、基本的には樹脂部Rにより構成されているが、外周部分は金属部Mにより構成されている。すなわち、コロと接触するポケット部Pの全ての面は、樹脂部Rが露出した状態となっている。なお、金属部Mは、図13（a）、（d）に示したように、各ポケット部Pとポケット部Pとの間では、上面部分が内周側に突出した状態となっている。

【0079】図14の保持器は、基本的には樹脂部Rにより構成されているが、各間仕切り部の上面部であってポケット部の近傍を除く部分、各ポケット部Pの端面から内周側の上面にかけて、各ポケット部Pの端面から外周側の上面にかけての部分は、金属部Mにより構成されている。すなわち、コロの側面と接触するポケット部Pの側面は樹脂部Rが露出した状態となっており、コロの端面と接触するポケット部Pの端面は、金属部Mが露出した状態となっている。

【0080】図15の保持器は、基本的には樹脂部Rにより構成されているが、外周部分は金属部Mにより構成されている。すなわち、コロと接触するポケット部Pの全ての面は、樹脂部Rが露出した状態となっている。なお、図15（a）、（d）に示したように、金属部Mは、各ポケット部Pとポケット部Pとの間では、上面部分が内周側に突出した状態となっており、この突出部分には、孔Hが形成されていて、この孔Hに樹脂が充填されることにより、金属部Mと樹脂部Rとが強固に結合するようになっている。

【0081】図16の保持器は、基本的には樹脂部Rにより構成されているが、各間仕切り部の中層部であってポケット部の近傍を除く中層部分と、この中層部分と内周面との間の中層部および下層部、中層部分と外周面との間の中層部および上層部は、金属部Mにより構成されている。すなわち、コロの側面と接触するポケット部Pの側面は樹脂部Rが露出した状態となっており、コロの端面と接触するポケット部Pの端面の一部は、金属部Mが露出した状態となっている。

【0082】図17の保持器は、基本的には樹脂部Rにより構成されているが、各ポケット部Pから外側の外周部分は金属部Mにより構成されている。すなわち、コロの側面と接触するポケット部Pの側面は樹脂部Rが露出した状態となっており、コロの端面と接触するポケット部Pの外側の端面は、金属部Mが露出した状態となっている。なお、金属部Mは、ポケット部Pの外側の端面と対向する部分では肉厚が厚くなっており、ポケット部と金属部Mとの位相がずれないように工夫されている。

【0083】図18の保持器は、基本的には樹脂部Rにより構成されているが、各ポケット部Pから外側の外周部分は金属部Mにより構成されている。すなわち、コロの側面と接触するポケット部Pの側面は樹脂部Rが露出した状態となっており、コロの端面と接触するポケット部Pの外側の端面は、金属部Mが露出した状態となっている。なお、金属部Mには、その中層部分に凹部が形成され、樹脂部Rが金属部Mから脱落しないように工夫されている。

【0084】図19の保持器は、基本的には樹脂部Rにより構成されているが、各ポケット部Pよりも外側の外周部分は金属部Mにより構成されている。すなわち、コロと接触するポケット部Pの全ての面は、樹脂部Rが露出した状態となっている。なお、金属部Mには、ポケット部Pの外側の端面との対応部の中層部分には凹部が形成され、樹脂部Rが金属部Mから脱落しないように工夫されている。

【0085】図20の保持器は、その全てが樹脂部Rにより構成されている。この図16の樹脂製の保持器は、射出成型により製造することができる。なお、図21は従来の冷間圧延鋼板（SPCC）製の保持器を示しており、図21（a）は平面図、図21（b）は図21

(a) のC-C断面図である。

【0086】図11～図14、および図20の構造の保持器を、樹脂部Rの樹脂の種類を替えて作成し、日本精工(株)製のスラストニードル型寿命試験機により寿命試験を行ったところ、表4のような試験結果が得られた。なお、試験条件は、 $P_{max} = 2000 \text{ MPa}$ 、 $N = 4900 \text{ c. p. m.}$ 、雰囲気は代替フロンとしてのHFC(ハイドロフルオロカーボン)134a(2気圧)、潤滑油はPAG(ポリアリキレングリコール)と

した。また、試験軸受の寸法は外径37mm、内径17mm、幅14mmとし、コロ径は2.5mm、コロ長さは5.6mmとした。また、耐久寿命の評価は、 $10 \times 10^6$ 回転未満は耐久性なし( $\times$ )、 $10 \times 10^6$ 回転以上～ $50 \times 10^6$ 回転未満は耐久性有り( $\bigcirc$ )、 $50 \times 10^6$ 回転以上は耐久性大いに有り( $\odot$ )とした。

【0087】

【表4】

試験例 番号	樹脂組成		保持器型	耐久寿命
	樹脂(重量%)	ガラス繊維(重量%)		
試験例1	(ナイロン66) 80	20	図11	$\bigcirc$
試験例2	(ナイロン46) 80	20	図11	$\bigcirc$
試験例3	(PPS) 80	20	図11	$\odot$
試験例4	(ナイロン66) 70	30	図12	$\bigcirc$
試験例5	(ナイロン46) 70	30	図12	$\odot$
試験例6	(PPS) 70	30	図12	$\bigcirc$
試験例7	(PPS) 80	20	図13	$\bigcirc$
試験例8	(PPS) 80	20	図14	$\odot$
試験例9	(PPS) 80	20	図20	$\bigcirc$
試験例10	(ナイロン46) 70	30	図20	$\bigcirc$
試験例11	(ナイロン66) 80	20	図20	$\bigcirc$
試験例12	---	--	図21	$\times$

試験例1のように、図11の保持器の樹脂部Rの樹脂として、ナイロン66樹脂とガラス繊維との重量%比が80:20の樹脂を用いた場合、軸受の耐久寿命は $10 \times 10^6$ 回転以上～ $50 \times 10^6$ 回転未満となり、耐久性は良好となる。試験例2のように、図11の保持器の樹脂部Rの樹脂として、ナイロン46樹脂とガラス繊維との重量%比が80:20の樹脂を用いた場合、軸受の耐久寿命は $10 \times 10^6$ 回転以上～ $50 \times 10^6$ 回転未満となり、耐久性は良好となる。また、試験例3のように、図11の保持器の樹脂部Rの樹脂として、PPS(ポリフェニレンサルファイド)樹脂とガラス繊維との重量%比が80:20の樹脂を用いた場合、軸受の耐久寿命は $50 \times 10^6$ 回転以上となり、耐久性は非常に良好となる。

【0088】試験例4のように、図12の保持器の樹脂部Rの樹脂として、ナイロン66樹脂とガラス繊維との重量%比が70:30の樹脂を用いた場合、軸受の耐久寿命は $10 \times 10^6$ 回転以上～ $50 \times 10^6$ 回転未満となり、耐久性は良好となる。試験例5のように、図12の保持器の樹脂部Rの樹脂として、ナイロン46樹脂とガラス繊維との重量%比が70:30の樹脂を用いた場合、軸受の耐久寿命は $50 \times 10^6$ 回転以上となり、耐久性は非常に良好となる。また、試験例6のように、図12の保持器の樹脂部Rの樹脂として、PPS(ポリフェニレンサルファイド)樹脂とガラス繊維との重量%比

が70:30の樹脂を用いた場合、軸受の耐久寿命は $10 \times 10^6$ 回転以上～ $50 \times 10^6$ 回転未満となり、耐久性は良好となる。

【0089】試験例7のように、図13の保持器の樹脂部Rの樹脂として、PPS樹脂とガラス繊維との重量%比が80:20の樹脂を用いた場合、軸受の耐久寿命は $10 \times 10^6$ 回転以上～ $50 \times 10^6$ 回転未満となり、耐久性は良好となる。試験例8のように、図14の保持器の樹脂部Rの樹脂として、PPS樹脂とガラス繊維との重量%比が80:20の樹脂を用いた場合、軸受の耐久寿命は $50 \times 10^6$ 回転以上となり、耐久性は非常に良好となる。

【0090】図20の樹脂製の保持器の樹脂として、試験例9のように、PPS樹脂とガラス繊維との重量%比が80:20の樹脂を用いた場合、試験例10のように、ナイロン46樹脂とガラス繊維との重量%比が70:30の樹脂を用いた場合、試験例11のように、ナイロン66樹脂とガラス繊維との重量%比が80:20の樹脂を用いた場合、いずれも軸受の耐久寿命は $10 \times 10^6$ 回転以上～ $50 \times 10^6$ 回転未満となり、耐久性は良好となる。これに対して、試験例12のように、図21の金属製の保持器を用いた場合には、軸受の耐久寿命は $10 \times 10^6$ 回転未満となり、耐久性がなくなってしまう。

【0091】次に、軸受の耐久寿命について考察する。

保持器と転動体の摺動性をみると、上記試験における代替フロン雰囲気のような潤滑性に劣る条件下では、金属製の保持器の場合、保持器と転動体の間に十分な潤滑油膜は形成されず、金属-金属接触が起こり、急激に摩耗が進行する。金属-金属接触が起こる理由の1つとしては、金属は樹脂に比べて剛性が高く、保持器と転動体間の接触部に高い応力が発生することが考えられる。

【0092】これに対して、保持器の転動体用の案内部に樹脂材料を使用すると、樹脂は金属に比べて弾性率が極端に大きく、高い応力を受けても樹脂自体が変形して応力が分散されることとなる。また、無潤滑下での摩擦摩耗度は、金属-金属摩擦よりも金属-樹脂摩擦の方が低くなる性質がある。

【0093】一方、保持器の剛性に関しては、金属製保持器の方が樹脂製保持器よりも優れている。従って、図11～図19の保持器では、金属部Mにより剛性が保たれるので、高速で回転する転動体の遠心力によってクリープ変形が起こるのを防止でき、また、転動体の案内部には樹脂部Rが形成されているので、保持器と転動体の異常摩耗や焼き付けを防止できる。これにより、たとえ代替フロンの雰囲気のような潤滑性に劣る条件下で使用しても、軸受の長寿命を達成することができる。

【0094】なお、代替フロン等の環境下で使用する場合であっても、低速回転、低荷重用の軸受として利用する場合には、剛性がそれほど大きくなくてもクリープ変形が起こることはないので、簡単に製造できる図20の樹脂製の保持器を使用し、保持器と転動体の異常摩耗や焼き付けを防止するだけで、軸受の長寿命を達成することができる。

【0095】[第2の発明の実施例の変形例] 図8、図9において、浸炭窒化処理の有無に拘らず四フッ化エチレン(PTFE)被膜が最も耐焼付性向上に効果のあることを確認したが、ここでは、さらに、被膜形成方法について改良を加えた前記第2の発明の実施例の変形例について説明する。すなわち、前記第2の発明の実施例では、固体潤滑剤としての四フッ化エチレン(PTFE)等は、エアを用いたスプレーによってコーティングしたが、本変形例では、スプレーに拠らず塗布することによりコーティングする点で異なる。以下、本変形例を詳細に説明する。

【0096】保持器の素材としては、冷間圧延鋼板(SPC)を用い、その形状は、図21に示したものと同一のものを用いるが、これに限らず、各種の鋼、その他の金属(好ましくは耐食性を有するもの)を素材として、圧延ではなく切削加工により作られたものでもよい。

【0097】ここでは、固体潤滑剤としては、最も耐焼付性の効果の高い四フッ化エチレン(PTFE)をポリアミドイミドをバインダーとしてコーティングしたものについて取り上げるが、前述のように、これに代えて固

体潤滑剤としては、二硫化モリブデン( $\text{MoS}_2$ )や二硫化タングステン( $\text{WS}_2$ )等、他のを用いてもよく、四フッ化エチレン(PTFE)と上記のうちの1つとを混合したものでもよい。また、バインダーとしては、ポリアミドイミド、エポキシ樹脂等を適宜選択してもよく、これらいずれの固体潤滑剤、バインダーであっても、以下に示す試験結果と同等の作用・効果が得られる。

【0098】固体潤滑剤の下地となる磷酸塩処理膜は、表面に凹凸を生じ、その上に塗膜される固体潤滑剤およびバインダーとの接触面積が増すことにより、バインダーと強く結合することになり、固体潤滑剤と素地表面との密着性を高める働きがある。この働きは、1例として磷酸マンガラン塩被膜で確認したところ、本変形例の場合では、1～10 $\mu\text{m}$ の厚さに成膜するのが好ましいことが判明した(図22参照)。なお、この確認試験においては、1 $\mu\text{m}$ 未満の膜厚の磷酸マンガラン塩被膜は、処理温度と処理時間を調節することにより形成した。例えば、0.9 $\mu\text{m}$ の膜厚の磷酸マンガラン塩被膜は、磷酸マンガラン水溶液による処理温度を60～70℃に設定して10分間処理することにより形成した。また、10 $\mu\text{m}$ を越える膜厚の磷酸マンガラン塩被膜は、処理液中の磷酸マンガラン成分の濃度を調整することにより形成した。例えば、10 $\mu\text{m}$ の厚さに成膜する場合は、磷酸マンガラン成分の濃度を4 $\mu\text{m}$ の場合の1.2倍にし、40 $\mu\text{m}$ の厚さに成膜する場合は、磷酸マンガラン成分の濃度を4 $\mu\text{m}$ の場合の1.4倍にした。

【0099】図22は、保持器に対して下地処理として、上記の方法により磷酸マンガラン塩被膜を各種の膜厚で形成し、後述する本変形例に係る塗布方式により四フッ化エチレン(PTFE)を2 $\mu\text{m}$ の厚さに成膜した場合の焼付時間を示したものである。図22に示したように、磷酸マンガラン塩被膜の膜厚が、1～10 $\mu\text{m}$ の場合に良好な耐焼付性が実現でき、この範囲から遠ざかる程、耐焼付性が急激に劣化している。すなわち、上述のスプレー方式と比較すると、スプレー方式では下限値として4 $\mu\text{m}$ 必要であったが、本変形例の塗布方式では最低1 $\mu\text{m}$ で済む。

【0100】このように耐焼付性が急激に劣化するのは、1.0 $\mu\text{m}$ 未満の膜厚では、表面の凹凸が十分ではなく、密着性が不十分となり、膜厚が10 $\mu\text{m}$ を越えると、表面が粗くなりすぎ、上に固体潤滑剤を塗膜した状態でも粗さが残り、保持器として使用した場合に油膜が切れる部分が生じる等、潤滑条件が悪化するからである。また、膜厚が10 $\mu\text{m}$ を越えた場合には、寸法公差も悪くなるという不具合を生じる。従って、本変形例では、磷酸塩処理膜の膜厚は1～10 $\mu\text{m}$ とした。なお、前記固体潤滑剤の下地としては、磷酸亜鉛、磷酸鉄、磷酸カルシウム等を用いても、以下に示す試験結果と同等の作用・効果が得られる。

【0101】以下、試験例に基づいて本変形例を詳細に説明する。この試験では、試料の軸受としては、スラストニードル軸受（外径37mm、内径17mm、組立てた状態での幅が7mm）を用い、その保持器（試験対象：試料）としては、図21に示したものと同一形状のプレス成形したSPCC鋼板製で、転動体（ニードル）および軌道輪は、いずれもSUJ2からなるものを使用した。

【0102】また、寿命試験機としては、第2の発明の実施例の場合と同様に、図7に示したものを使用した。この場合の試験条件も、第2の発明の実施例の場合と同様に、回転速度5000rpm、スラスト荷重500kgf、潤滑条件は1gのPAGオイルとした。このPAGオイルは、試験機に試験軸受43a、43bを組み込む前に、固定側の軌道輪を外した状態で保持器のポケット部に注射器により滴下して供給した。

【0103】保持器に対する上記下地処理としては、磷酸マンガン塩処理を施した。すなわち、保持器をPH10のアルカリ洗浄液で脱脂した後、亜硝酸ナトリウム溶液で表面調整を行った。なお、磷酸マンガン塩の結晶を均一に形成させるべく、亜硝酸ナトリウムの濃度は、3g/水1lとした。このようにして表面調整を行った後、マンガン濃度11000ppm、鉄濃度2000ppmの磷酸と、PH3.0に調整した硝酸との水溶液中で、95℃で10分間浸せき処理を行うことにより、表面に約8g/m<sup>2</sup>の磷酸マンガン塩結晶を形成した。なお、このような下地処理を省いてもテフロン（四フッ化エチレン）コーティングは可能であるが、耐焼き付き性の面では、下地処理を施すことが望ましい。

【0104】四フッ化エチレンのコーティングは、ポリアミドイミドをバインダーとした有機溶剤のサスペンション液（懸濁液）を塗布して行う。すなわち、保持器7000個を容積0.7m<sup>3</sup>の金属製容器の中に入れ、この容器を15rpmで回転させて、保持器同士を互いに接触させる。その中に上記サスペンション液を流し込み、その後、乾燥させて有機溶剤分を蒸発させることにより、四フッ化エチレンとバインダーを保持器の表面に均一塗布（塗膜）する。その後、200℃で1時間熟処理を行い、バインダーを硬化させる。

【0105】このようにすると、上記実施例のようにエアースプレーコーティングする場合と比べて、①使用するサスペンション液がより少量で済むと共に、②単位時間当たりの塗膜処理量が約2～5倍になるため、処理コストを低減できるようになる。また、③保持器同士が接するので、スプレーコーティングに比べて被膜中の応力が増加するため、薄膜でかつ密度が大きくなり、さらに、密着性が向上し、薄膜であるにも拘らずスプレーコーティングと同等の撓動性を維持できる。なお、本変形例の上記コーティングにおいて、保持器と共に10mm以下のメディア等を混入させてサスペンション液を保持

器の表面に塗膜すれば、さらに被膜密度を大きくし、密着性も向上できることが確認されている。

【0106】上記の表面処理を施した保持器を有する軸受について、図7に示した寿命試験機により上記条件下で行った試験結果を図23に示す。図23は、浸炭窒化処理を施さないものと、浸炭窒化処理を施した後にスプレーにより四フッ化エチレンをコーティングしたもの（上記実施例）と、浸炭窒化処理を施した後に塗布により四フッ化エチレンをコーティングしたもの（本変形例）とについて、耐焼き付き時間と、処理コストとの比較結果を示している。

【0107】図23から明らかなように、浸炭窒化処理を施さない保持器は、焼き付きに対する耐久時間は、最も短くなっている。これに対して、上記実施例と本変形例に係る保持器では、焼き付きに対する耐久時間は共に大幅に長くなっており、上記実施例に係る保持器よりも本変形例に係る保持器の方が、焼き付きに対する耐久時間はより長くなっている。このように、本変形例の方が上記実施例よりも耐焼き付き性能が優れているのは、被膜密度が高く強度が大きいためであると考えらる。また、製造コストは、本変形例の保持器は上記実施例の保持器の約1/2となっている。

【0108】次に、上記の本変形例の塗布による四フッ化エチレンの表面処理（下地処理として膜厚4μm～5μmの磷酸マンガン塩処理を施したもの）を膜厚を変えて施した保持器を有する軸受について、図7に示した寿命試験装置を用いて試験した試験結果を図24（前記表面処理に先立ち、浸炭窒化処理を施した場合）、図25（浸炭窒化処理を施さない場合）に示す。なお、比較のため、図24には、図8に示した浸炭窒化処理を予め施した後に、ガス軟窒化処理、浸硫窒化処理、およびスプレー方式による四フッ化エチレン（PTFE：下地処理により、膜厚4μm～5μmの磷酸マンガン処理被膜が形成されたもの）被膜処理をそれぞれ行った場合の膜厚と保持器の焼付時間との関係を、図25には、図9で示した浸炭窒化処理を施さずに、ガス軟窒化処理、浸硫窒化処理、およびスプレー方式によるPTFE被膜処理をそれぞれ行った場合の膜厚と保持器の焼付時間との関係を併せて示している。

【0109】図24、図25の試験結果を検討すると、四フッ化エチレン（PTFE）を上記実施例のスプレー方式と本変形例の塗布方式によりコーティングしたものを比較すると、図24の浸炭窒化処理を予め施した場合と図25の浸炭窒化処理を施さない場合とのいずれにおいても、保持器の焼き付き時間は、上記実施例のスプレー方式よりも本変形例の塗布方式の方が長くなっており、特に、本変形例の塗布方式では、PTFE被膜の膜厚が10μm以下であっても、実用に耐え得る焼き付き時間となっている。このように、本変形例の塗布方式により耐焼き付き性がより向上するのは、上記実施例のスプレ

一方式よりもPTFEの被膜密度が大きくなると共に、下地処理被膜とPTFE被膜との界面での密着性が高くなるためである。

【0110】しかし、PTFE被膜の膜厚が2 $\mu$ m未満となると、成膜のバラツキの影響を受けて焼付寿命のバラツキも大きくなるため、本変形例の塗布方式によるPTFE被膜の膜厚は2 $\mu$ m以上であることが望ましい。一方、PTFE被膜の膜厚の上限に関しては、上記のスプレー方式の場合と同様の理由により、30 $\mu$ mである。ただし、スプレー方式に比べ被膜密度が高いため、PTFE被膜の膜厚が20 $\mu$ mを越えると、うろこ状に剥離が発生し、その剥離片が軸受組立時にレースと転動体との間に入り込むため、軸受の組立後の例えばトルク、音響などの検査に多少の影響を及ぼす。また、転動体と保持器のポケット部の隙間量が小さくなり、ポケット内における転動体の動きが拘束されて発熱を生じる等により、耐焼付性を向上させるというPTFE被膜の効果が下がる傾向にある。

【0111】従って、本変形例の塗布方式によるPTFE被膜の膜厚は、2 $\mu$ m～30 $\mu$ mとするのが好ましく、さらに言えば、5 $\mu$ m～20 $\mu$ mとするのがより好ましい。

【0112】以上説明したように、金属材料からなる軸受保持器の表面処理において、複数の軸受保持器が互いに接触するように軸受保持器に運動を与えながら、固体潤滑剤と熱硬化性樹脂と有機溶剤とからなる分散液を供給し、有機溶剤を蒸発させることにより、軸受保持器の表面に均一に固体成分（PTFE等）を塗膜した後、熱処理により樹脂成分を硬化させることにより、より一層、軸受保持器の耐焼付性を向上させることが可能となる。

#### 【0113】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1記載の発明に係るスラスト針状コロ軸受によれば、針状コロの径（Da）と長さ（lr）の比 $lr/Da$ を1.2～2.0とし、軌道面との接触長さが針状コロの長さ（lr）の3/4以下となるようなクラウニング部を形成することにより、コロの姿勢の安定性、研削加工の容易性を保持しつつ動トルクを極力小さくし、かつコロの脱落をも防止することが可能となる。

【0114】請求項2記載の発明に係る転がり軸受によれば、鋼鉄製の転動体、内輪、外輪の少なくとも1つの表面に窒素を含有せしめることにより、代替フロン及び作動油中という微量の水分が発生する環境下で使用してもピットが発生しないようにして、コストアップを招くことなく耐食性を向上させることが可能となる。

【0115】請求項3記載の発明に係るスラスト針状コロ軸受の保持器によれば、少なくとも転動体と接触する部分の一部を樹脂で形成することにより、転動体との間の摩耗を低減しつつクリープ変形を防止することが可能

となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の針状コロの形状を示す図である。

【図2】第1の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の針状コロのコロ径とコロ長との関係を説明するための説明図である。

【図3】第1の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の動トルクを測定した装置の概略構成図である。

【図4】各種形状の針状コロを有するスラスト針状コロ軸受について上記装置により荷重を変えて動トルクを測定したときの測定結果を示す図である。

【図5】第2の発明の実施例における窒素の含有方法を説明するための説明図である。

【図6】第2の発明の実施例における軸受の寿命を試験した試験機の概略構成図である。

【図7】第2の発明の実施例における所定の表面処理を施した保持器の寿命を試験した試験機の概略構成図である。

【図8】保持器に各種の表面処理を膜厚を変えて施した保持器の寿命試験結果を示す図である。

【図9】図7における各種の表面処理の前に予め浸炭窒化処理が施されていない保持器の寿命試験結果を示す図である。

【図10】厚さ0.5mmのSPCC鋼板に各種の表面処理を施した場合の表面からの深さと硬さとの関係の測定結果を示す図である。

【図11】第3の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の保持器の構成例を示す図である。

【図12】第3の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の保持器の他の構成例を示す図である。

【図13】第3の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の保持器の他の構成例を示す図である。

【図14】第3の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の保持器の他の構成例を示す図である。

【図15】第3の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の保持器の他の構成例を示す図である。

【図16】第3の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の保持器の他の構成例を示す図である。

【図17】第3の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の保持器の他の構成例を示す図である。

【図18】第3の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の保持器の他の構成例を示す図である。

【図19】第3の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の保持器の他の構成例を示す図である。

【図20】第3の発明の実施例によるスラスト針状コロ軸受の保持器の他の構成例を示す図である。

【図21】従来の冷間圧延鋼板製の保持器を示す図である。

【図22】第2の発明の実施例の変形例における下地処

理膜の適正な膜厚を説明するための説明図である。

【図23】第2の発明の実施例とその変形例との耐久時間および製造コストを比較した図である。

【図24】第2の発明の実施例の変形例における保持器に各種の表面処理を膜厚を変えて施した保持器の寿命試験結果を示す図である。

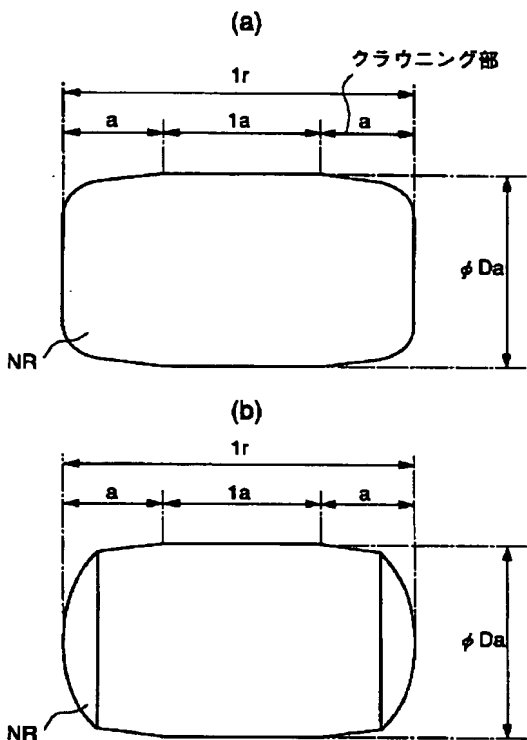
【図25】図24における各種の表面処理の前に予め浸炭窒化処理が施されていない保持器の寿命試験結果を示

す図である。

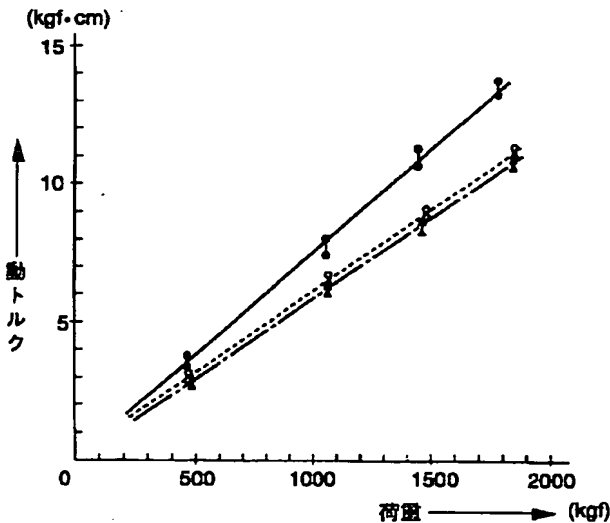
【符号の説明】

- NR…針状コロ
- M…金属部
- Ma…突起部
- R…樹脂部
- P…ポケット部
- H…孔

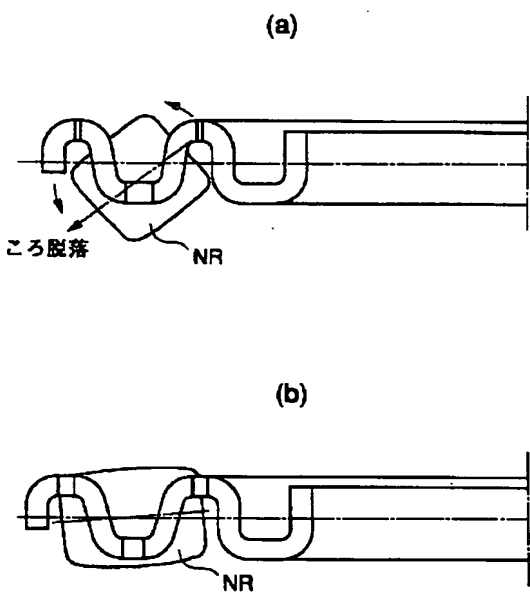
【図1】



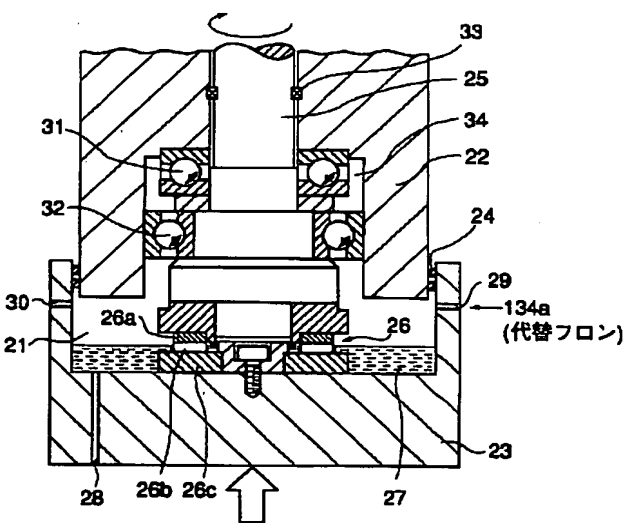
【図4】



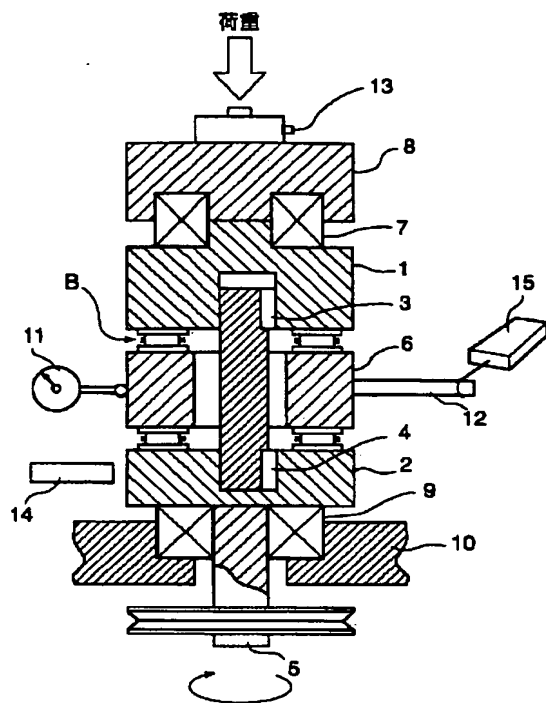
【図2】



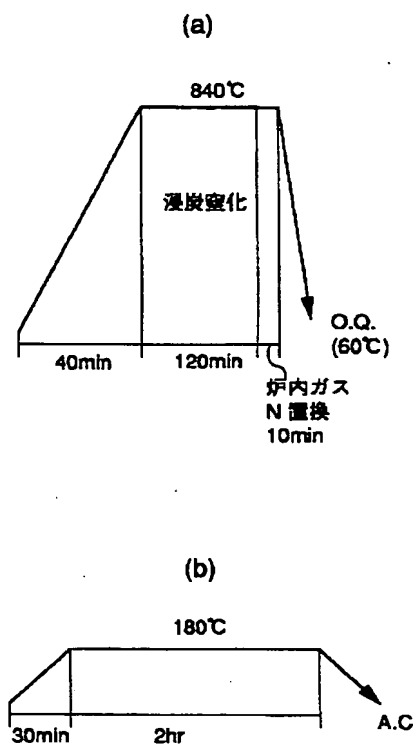
【図6】



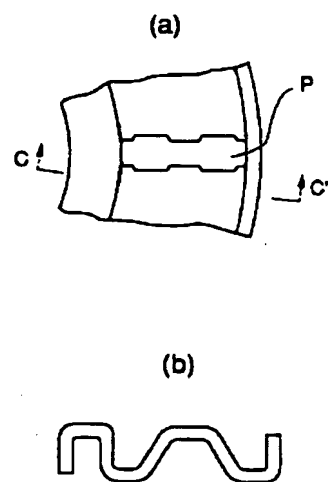
【図 3】



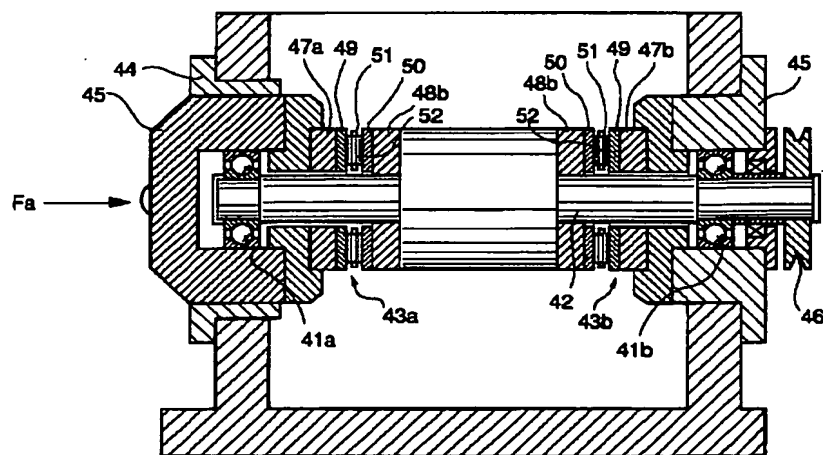
【図 5】



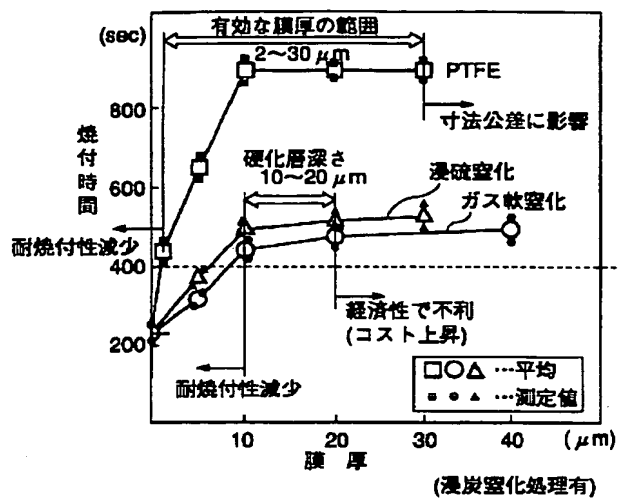
【図 21】



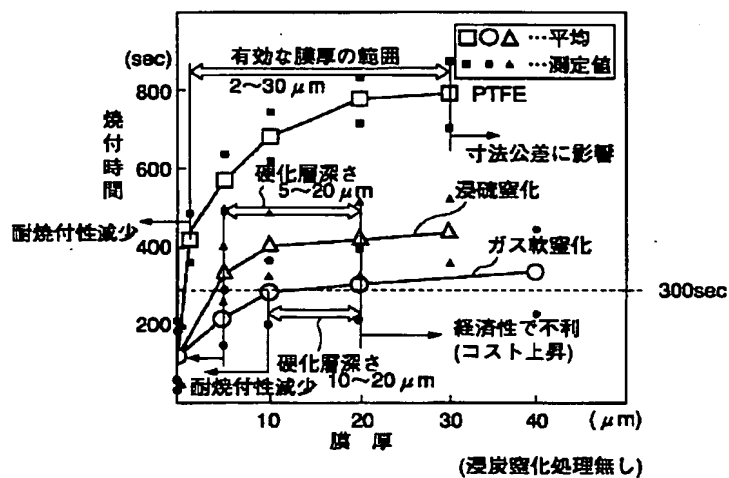
【図 7】



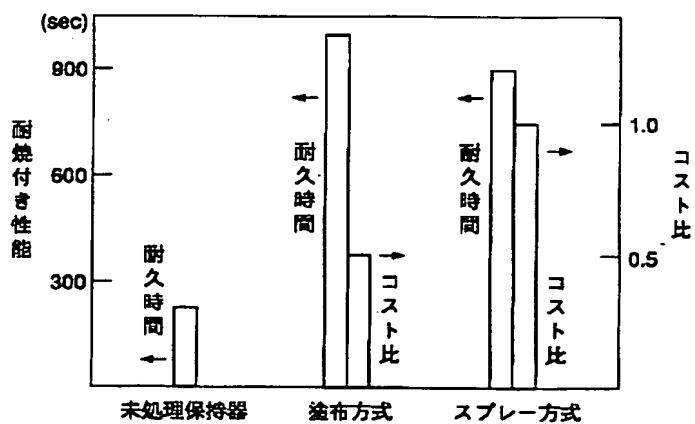
【図 8】



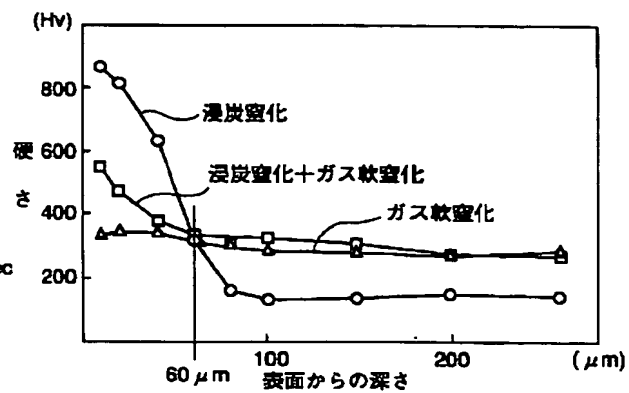
【図 9】



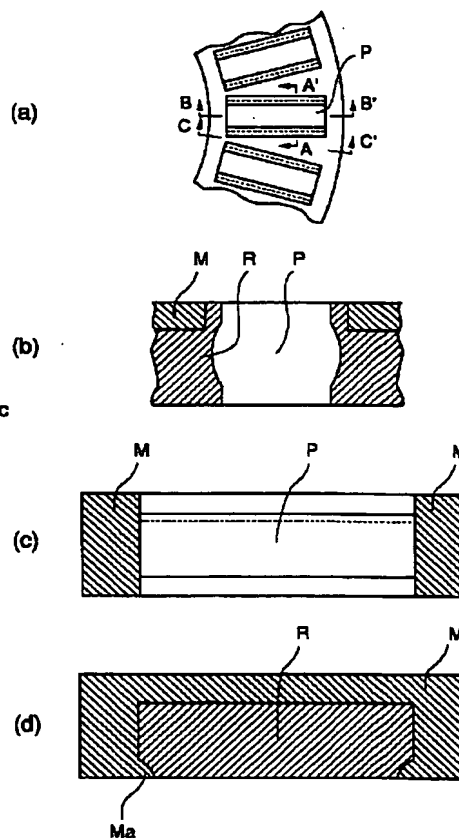
【図 23】



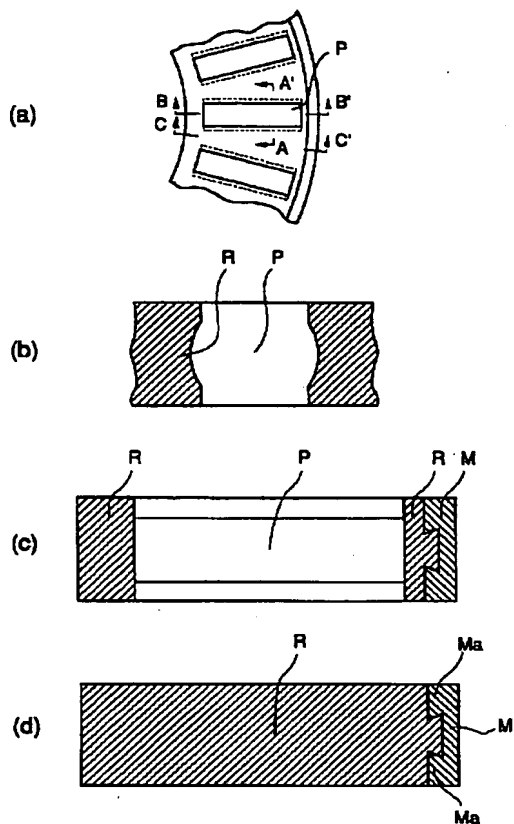
【図 10】



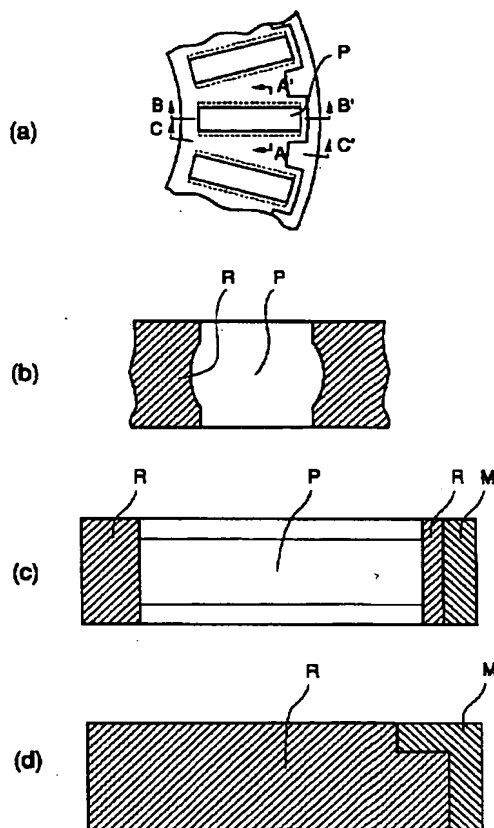
【図 11】



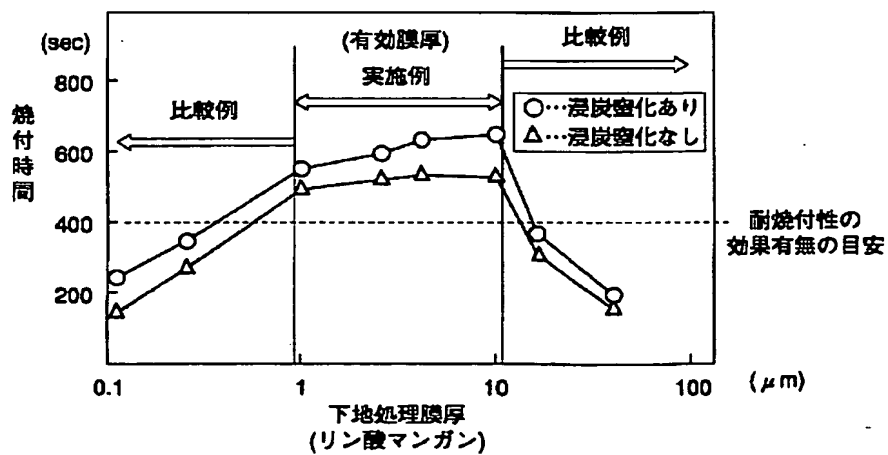
【図 1 2】



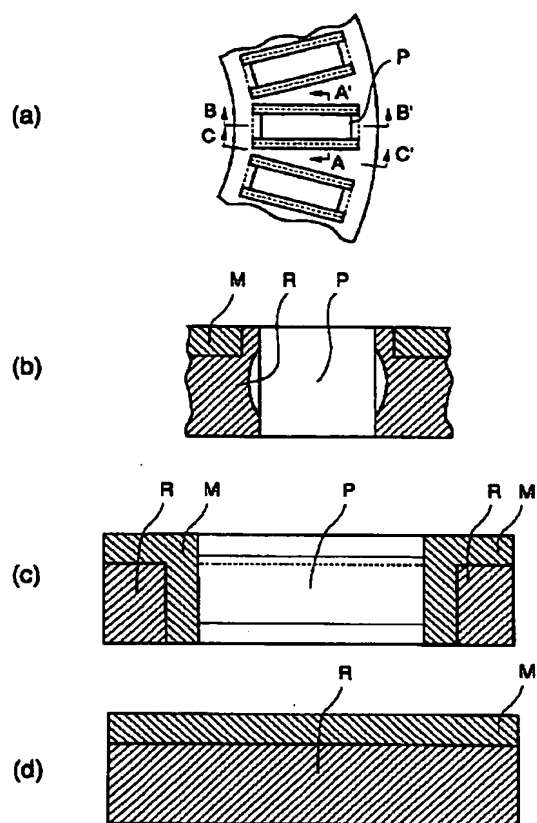
【図 1 3】



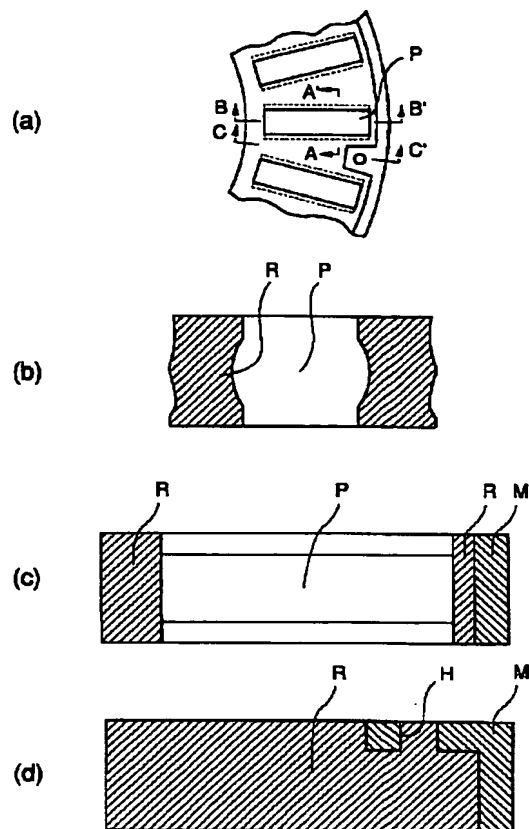
【図 2 2】



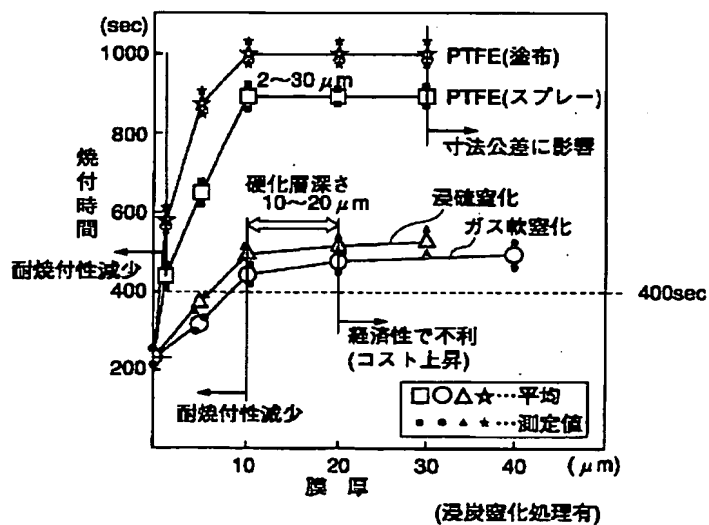
【図14】



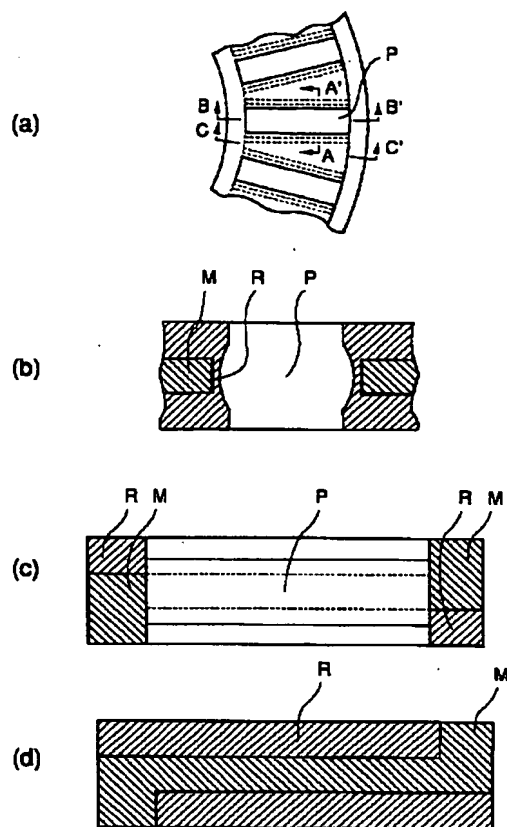
【図15】



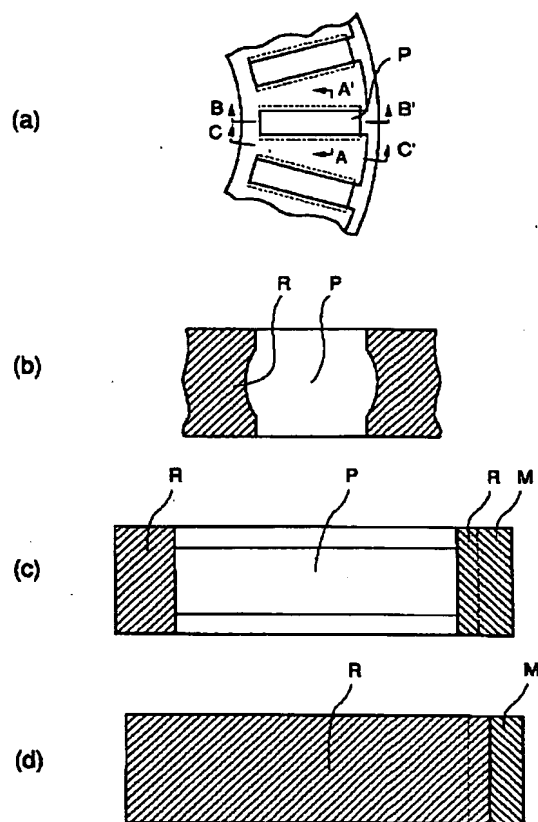
【図24】



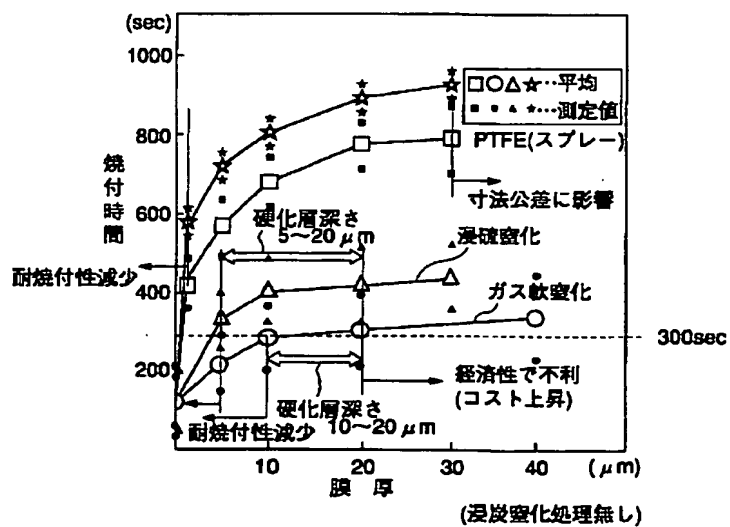
【図16】



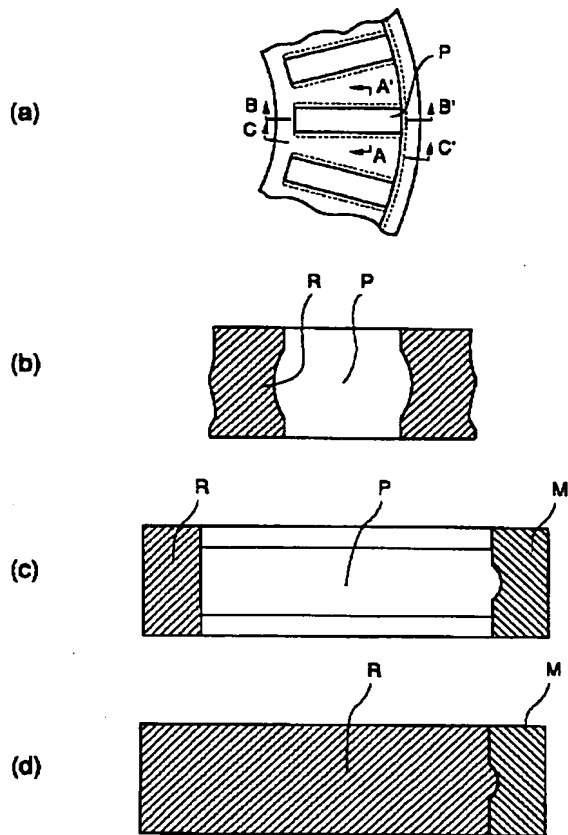
【図17】



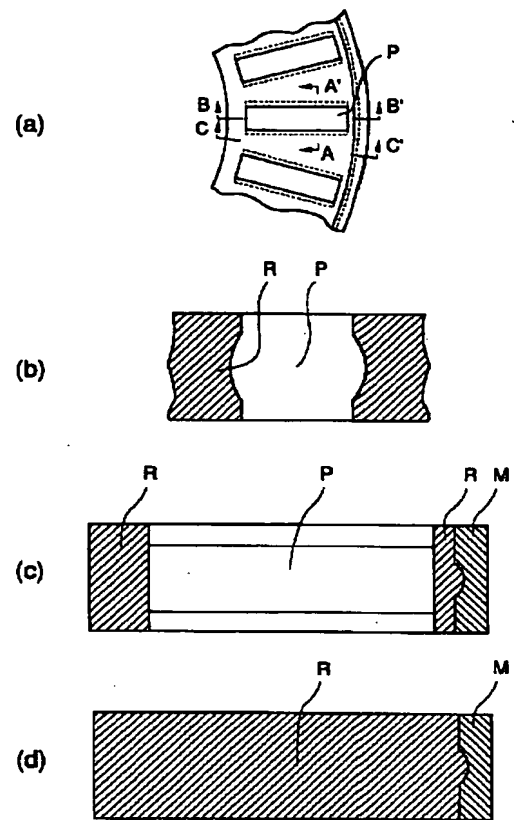
【図25】



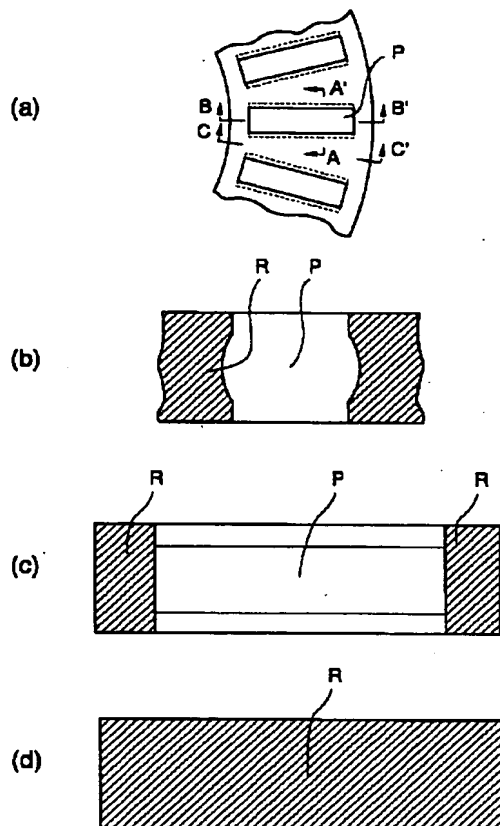
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(72)発明者 河村 寿郎  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

(72)発明者 奈良井 弘  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

(72)発明者 永戸 孝  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

(72)発明者 金野 大  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

(72)発明者 阿部 力  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

(72)発明者 浜本 孫三  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

(72)発明者 植木 史雄  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

(72)発明者 高城 敏己  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内